

Konferenzband

Studentische Fachkonferenz 2016:

Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld

HTWG Konstanz / HS Ravensburg-Weingarten
Masterstudiengang Umwelt- und Verfahrenstechnik

Lehrveranstaltung „Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld“
WS 2016/2017

Prof. Dr. Maike Sippel
Fachgebiet Nachhaltige Ökonomie

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Energie und Klimaschutz

- Wie nachhaltig ist Fracking? – *Christ, Patrick*..... 3
- Graue Energie – *Bogner, Johanna* 10
- Nachhaltigkeit beim Autokauf – *Petry, Christoph* 15

Kapitel 2: Schadstoffeinträge & Abfallbehandlung

- Das Mephrec-Verfahren - Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm – *Ruehle, Meike* 21

Kapitel 3: Ökosysteme

- Pleistozän-Park: Pilotprojekt zur Rettung des Permafrostbodens – *Engelhardt, Xenia* 26
- Mikroplastik – eine unterschätzte Gefahr – *Hagel, Benjamin* 31
- Nachhaltigkeit im Wintersport - die Alpenkonvention als
Chance – *Hermann, Felix & Kernatsch, Tom* 38

Kapitel 4: Nachhaltige Industrie?

- Agrarwirtschaft in Deutschland: Probleme und Lösungsansätze – *Indlekofer, Julian* 46
- Nachhaltigkeit in der Lederindustrie: Tierleder im Vergleich zur pflanzlichen Alternative aus
Ananasfasern – *Brunner, Yvonne* 52

Vorwort zur Fachkonferenz 2016

"Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld"

Angesichts der enormen Auswirkungen menschlichen Handelns auf das Erdsystem sprechen Nachhaltigkeitswissenschaftler vom anbrechenden „Antrophozän“ – einem stark durch den Menschen geprägten Erdzeitalter. Ein Beispiel ist die Veränderung des Klimas (Klimawandel) insbesondere durch die Freisetzung von CO₂ aus der Verbrennung fossiler Energieträger.

In Verantwortung für zukünftige Generationen fordert eine Nachhaltige Entwicklung das Einhalten der Grenzen der natürlichen Tragfähigkeit der Erde ("planetary boundaries") und damit den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen. Aus der Tatsache, dass der Mensch die Natur als gestaltende Kraft auf dem Planeten abgelöst hat erwächst eine besondere Verantwortung, für zukünftige Generationen ebenfalls gute Entwicklungschancen zu ermöglichen.

Die Industrie kann in diesem Verantwortungsbereich einen Beitrag leisten. So verursachen industrielle Produktionsprozesse Umweltbelastungen durch die Entnahme von erneuerbaren und nicht erneuerbaren Rohstoffen sowie durch die Abgabe von Abfällen und Schadstoffen in Luft, Wasser und Boden. Diese Umweltbelastungen können mit technischen, organisatorischen und politischen Innovationen minimiert werden.

Die Lehrveranstaltung "Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld" im Masterstudiengang Umwelt- und Verfahrenstechnik der Hochschulen Konstanz und Ravensburg-Weingarten bearbeitet diese Themen. Teil der Lehrveranstaltung (und Leistungsnachweis für die Studierenden) ist die studentische Fachkonferenz "Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld". Die studentische Fachkonferenz ist einer wissenschaftlichen Fachkonferenz nachempfunden und soll neben der Vertiefung der Fachkompetenz der Festigung der Methodenkompetenz des wissenschaftlichen Arbeitens dienen ("forschendes Lernen"). Unter dem Oberthema Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld entwickeln die Studierenden entsprechend ihren Neigungen und Vorkenntnissen ein eigenes Thema und grenzen es ein. Die Bearbeitung war in Einzelarbeit oder als Zweiergruppe möglich. Ergebnis der anschließenden Ausarbeitung sind ein Paper für den hier vorliegenden Sammelband sowie eine Poster- oder Folienpräsentation des Themas im Rahmen der studentischen Fachkonferenz.

Themen der Fachkonferenz sind:

- Aspekte einer zukunftsfähigen Energieversorgung und des Klimaschutzes
- Fragen der Schließung von Stoffkreisläufen und Vermeidung von Schadstoffeinträgen in die Umwelt
- die Bedrohung verschiedener Ökosysteme und Ansätze zu deren Erhalt
- die Betrachtung spezifischer Branchen und der Industrie 4.0 hinsichtlich ihrer Chancen für eine Nachhaltige Entwicklung

Damit ist ein reizvoller Bogen gespannt von konkreten technischen Fragen über die Herangehensweise an die Nachhaltigkeit auf Unternehmensebene bis hin zu politischen Rahmenbedingungen.

Die Verantwortung für die Richtigkeit der Inhalte der einzelnen Fachbeiträge verbleibt bei den jeweiligen Autoren/innen.

Viel Freude und neue spannende Impulse beim Lesen der Fachbeiträge!

Konstanz, 16.12.2016
Prof. Dr. Maike Sippel

Fracking in Europa - Wie nachhaltig ist Fracking?

Patrick Christ¹

¹ HS Ravensburg-Weingarten, 88250 Weingarten, E-Mail: Patrick.Christ@HS-Weingarten.de

Abstract

“Hydraulic fracturing” or abbreviated “Fracking” has received considerable attention in scientific, mass media, and public debates. The following article deals with the question, if the technology of hydraulic fracturing is a sustainable solution for the future. Therefore, it should be clarified what are the main issues and how it can be evaluated in an objective manner. The key questions are related to the technical and economic potential, the state of the art, environmental issues and the impact of the technology compared to the climate targets. However, the scientific world is divided in most parts of this discussion. The article is intended to enable an own opinion and it will show different perspectives of this matter.

Einleitung

Fracking ist eines der kontrovers diskutiertesten, energiepolitischen Themen in der heutigen Zeit. Der Begriff Fracking („hydraulic fracturing“) beruht auf dem Verfahren durch hohen Druck Flüssigkeiten („Frackfluide“) in tief liegende poröse Gesteinsschichten zu verpressen. Durch den Druckanstieg im Erdreich werden Risse und kleinere Erosionen erzeugt, die es ermöglichen unkonventionelle Erdgas- und Erdölvorkommen zu erschließen (Zittel 2016, S. 7ff.).

Die Technik wurde schon seit den 1970er Jahren auch in der konventionellen Erdgas- und Erdölförderung als Reservoir-Stimulations-Methode eingesetzt (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 11). Somit ist die Technik keine Neuerfindung.

Streitpunkte sind derzeit die Umwelteinflüsse von Fracking und die damit zusammenhängende Kosten- Nutzen Frage. Des Weiteren rückt die Technologie, aufgrund der starken Expansion der unkonventionellen Erdgasförderung immer weiter in den Fokus. In den USA hat dies die Energielandschaft nachhaltig aufgewirbelt.

Auch die vermeintliche Unabhängigkeit der USA von Energiezulieferungen weckt Begehrlichkeiten in Europa und Deutschland (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 1ff.) (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 43).

Gerade in Bezug auf die kürzlich abgeschlossenen Klimaziele, wie z.B. die 2°C-Grenze zur globalen Erderwärmung und den gesunkenen CO₂-Emissionen in den USA, die im Zusammenhang mit dem Fracking vermutet werden, geben derzeit viel Zündstoff für Diskussionen. Hinzuzufügen ist, dass die USA zu den weltgrößten CO₂-Emittenten gehört (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 7ff.).

Ist Fracking somit auch ein Modell für Deutschland und Europa?

Hieraus ergeben sich weitere Fragen:

- Wie groß ist das Potenzial von Fracking?
- Wie weit ist die Technik?
- Wie wirtschaftlich ist Fracking? Lohnt es sich?
- Wie sind die Auswirkungen auf Umwelt und Mensch?
- Fracking und unser 2°C Klimaziel „Ade“ oder „Wir schaffen das?“

Das mögliche Potenzial von Fracking

Das Potenzial von Fracking und der damit zusammenhängenden Vorkommen ist nicht eindeutig definierbar. Wichtig ist jedoch, zwischen dem technischen und dem ökonomischen Potenzial zu unterscheiden (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 2).

Beginnend mit dem weltweiten Potenzial für Erdgas und Erdöl aus Schiefervorkommen wurde nachstehend folgendes „Top 10 Ranking“ erstellt:

Tabelle 1 :Ranking der Top 10 Länder mit technisch erschließbaren Schiefergas/-öl Vorkommen.

Platz	Schiefergas		Schieferöl	
	Land	Billionen m ³	Land	Milliarde bbl.
1	China	31,57	Russland	75
2	Argentinien	22,71	USA	58
3	Algerien	20,02	China	32
4	USA	18,83	Argentinien	27
5	Canada	16,23	Libyen	26
6	Mexico	15,43	Australien	18
7	Australien	12,37	Venezuela	13
8	Süd Afrika	11,04	Mexico	13
9	Russland	8,07	Pakistan	9
10	Brasilien	6,94	Canada	9
	Welt total	206,68	Welt total	345

Quelle: Eigene Darstellung nach (Habrich-Böcker, Kirchner und Weißenberg 2015, S. 20)

Wie in Tabelle 1 zu sehen ist liegt das geschätzte technische Potenzial weltweit bei ca. 207 Billionen m³ Schiefergas und ca.345 Milliarden Barrel Schieferöl. Des Weiteren ist zu erkennen, dass sich kein europäisches Land unter den Top 10 Ländern mit Schiefergas/-öl Vorkommen befindet.

Laut EIA (U.S. Energy Information Administration) liegt das zu fördernde technische Potenzial von Schiefergas in Europa bei 17,36 Billionen m³, was einen Weltanteil von 8,4% im Vergleich mit Tabelle 1 bedeuten würde. Die größten Vorkommen befinden sich vor allem in Großbritannien, Polen, Rumänien und der Ukraine (Dröge, Westphal 2013, S. 4).

In Deutschland werden die größten Vorkommen in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen erwartet (Eftekharzadeh 2013, S. 704). Das Gesamtpotenzial an technisch erschließbaren Schiefergas wird auf 2,75 Billionen m³ eingeschätzt, was einen Weltanteil von 1,3 % im Vergleich zu Tabelle 1 ergibt (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 58). Damit die Erdgaszahlen greifbar werden soll ein Beispiel zur besseren Veranschaulichung nachstehend Hilfestellung leisten. Wird beispielhaft der deutsche Jahresverbrauch von 2015 mit 88 Mrd. m³ pro Jahr herangezogen, so würde das Schiefergasvorkommen weltweit für ca. 2352 Jahre, das europäische Vorkommen für ca. 197 Jahre und das rein deutsche Vorkommen ca. 31 Jahre Deutschland mit Schiefergas versorgen können (BMW 2016, S.3).

Angesichts des niedrigen Weltanteils von Schiefergasvorkommen und dem geringen Versorgungspotenzial in Deutschland ist ein „Schiefergasboom“ wie in den USA nicht zu erwarten.

Technische Möglichkeiten des Frackings

Auf Grund des größeren Umweltbewusstseins und der verstärkten Diskussionen über Nachhaltigkeit im Energie- und Ressourcenbereich hat sich die Frackingtechnik mit dem steigenden Interesse an der Technologie sukzessive verbessert (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 11ff.).

Um einen Grundstein für die weiteren technischen Ausführungen zu geben, soll zunächst das Fracking auch „hydraulic fracturing“, in den Grundzügen erläutert werden.

Wie im Abschnitt „Das mögliche Potenzial von Fracking“ beschrieben, sind zu Beginn Explorationsstudien durchzuführen, um festzustellen, wo sich die unkonventionellen Lagerstätten befinden (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 11ff.).

Anschließend wird mit ersten Bohrungen begonnen, die meist in einer Tiefe von 1500 bis 3000 Metern stattfinden, da sich hier das thermische und geologische Ölfenster befindet. Erdgasbohrungen können sogar bis in Tiefen von bis zu 6000 Meter durchgeführt werden (Zittel 2016, S. 14).

Um das entstandene Bohrloch zu sichern, wenn dieses z.B. durch eine trinkwasserführende Schicht führt, wird das Bohrloch mit einzementierten Stahlrohren gegenüber den Gesteinsformationen abgedichtet. Diese Technik ist auch bei der konventionellen Gas- und Ölförderung Stand der Technik. Das Verfahren ist heutzutage als minimalinvasiv zu betrachten, da der Bohrungsdurchmesser durchschnittlich ø 38,1 cm beträgt. Jedoch sind oftmals mehrfach Bohrungen notwendig. Hierbei beträgt die durchschnittlich benötigte Fläche ca. 3,5 ha. (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 12ff.)

Danach wird ein Fracking Fluid in die porösen Gesteinsschichten (z.B. Sandstein, Dolomit oder Kalkstein) verpresst, um Risse (bis zu 100 m Länge) zu erzeugen, die dann das zu fördernde Medium Öl oder Gas freigeben (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 11ff.) (Zittel 2016, S. 11).

Das Frackingfluid besteht im Allgemeinen aus 98% bis 99,5 % Wasser und Sand oder Keramikperlen, auch „Popping Agents“ genannt. Diese dienen als Stüttschicht. Zusätzlich werden Verdickungsmittel zugeführt, die nach Industrieangaben 0,5% bis 2% betragen. Sie sind meistens in Haushalts- bzw. Lebensmitteln zu finden (z.B. Stärke). Diese Zusätze sollen zum einen die Reibung beim Pumpvorgang reduzieren und das Aufsteigen von Faulgasen verhindern (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 12).

Um die Entstehung von Faulgasen zu mindern werden sogenannte Biozide und Additive im Promillebereich zugesetzt < 0,1 ‰ siehe Anhang Tabelle 3 (Zittel 2016, S. 212). Hierbei ist es das Ziel den sogenannten „Blowout“ zu verhindern, der als GAU (größter anzunehmender Unfall) in der Branche bezeichnet wird. Hierbei tritt unkontrolliert das Gas-Flüssigkeitsgemisch durch die Bohrrohre aus und wird in die Umwelt freigesetzt (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, 84).

Während dem Verpressen des Frackingfluides werden die porösen Gesteinsschichten aufgebrochen und das zu fördernde Medium Öl oder Gas zur Förderung freigelegt (Eftekharzadeh 2013, S. 704). Der Druck zum Verpressen liegt meist zwischen 100 bar und 150 bar (Zittel 2016, S.212).

Zuletzt wird das Fördermedium und das Fracking Fluid zutage gefördert und in weiteren Verfahrensschritten aufgearbeitet oder wieder zur Verpressung genutzt (Zittel 2016, S. 41).

Clean-Fracking: Das neue Fracking 2.0

Der Begriff Clean-Fracking (clean in Deutsch „sauber“) beruht auf dem neueren Verfahren auf gefährdende Chemikalien zu verzichten. Stattdessen werden Wasser, Bauxit, Sand und meist Stärke verwendet. In Europa wurden erste Experimente mit der ÖMV (Österreichische Mineralölverwaltung) in Kooperation mit der Universität Leoben durchgeführt. Zurzeit ist die Forschung wegen Unwirtschaftlichkeit als eingestellt zu betrachten. Dem entgegengesetzt scheint die Forschung in Kanada weiter vorangeschritten zu sein, da es mit dem „CleanSuite™“ Verfahren wirtschaftlich betrieben werden kann (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 14).

Um einen der Hauptkritikpunkte vorweg zu greifen ist der hohe Wasserverbrauch, meist Süßwasser, zu erwähnen. Dieser ist eines der Kernprobleme die im Clean-Fracking verbessert werden sollen. Als eine der Alternativen ist Salzwasser oder „graues“ Wasser, anstatt von Süßwasser

zur Verwendung beim Frackingvorgang angedacht (Habrigh-Böcker, Kirchner und Weißenberg 2015, S. 16ff.).

Ein weiterer Ansatz, entstanden aus der Wasserproblematik, ist das sogenannte „Liquified Petroleum“. Dieses nutzt zum Fracking z.B. Propan, welches unter Druck verflüssigt und somit eine ähnliche chemische Zusammensetzung zum Fördermedium aufweist. Eine weitere Möglichkeit in diesem Zusammenhang ist ein Gelfluid, was im wesentlichen ebenfalls Propan enthält und somit dem Wasserverbrauch reduziert (Habrigh-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, 14. ff.).

Ein zusätzliches Problem ist die Aufarbeitung des sogenannten „Flow-Back“-Wassers, welches Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle, Bakterien, Salze und radioaktive Stoffe enthalten kann. Hierfür wurde ein sehr erfolgversprechendes Verfahren am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt. Das Verfahren nutzt die natürlichen Zyklen, wie bei der Meerwasserverdampfung, wobei die entstandenen Gaswolken wieder kondensiert werden. Gegenwärtig wird das Patent noch gestellt, somit sind Details zur Markteinführung zu erwarten (Habrigh-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 15ff.).

Die Wasseraufbereitung bietet ein großes Potenzial für neue Firmen die sich mit dieser Thematik beschäftigen. Gegenwärtig wird der Markt bis 2020 auf 9 Milliarden U.S. Dollar geschätzt (Habrigh-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 16).

Wie wirtschaftlich ist Fracking?

Die Wirtschaftlichkeit des Frackings ist sowohl für die Industrie, als auch für die Fracking Gegner ein strittiges Themengebiet. Da es sich hierbei um ein sehr weitreichendes Streitfeld handelt, soll im Folgenden auf die wesentlichen Punkte eingegangen werden, um eine erste Diskussionsgrundlage zu schaffen.

Einer der Hauptfaktoren zur Ausbreitung von Fracking verursachte der rasante Ausbau der Technologie in den USA und die damit verbundenen fallenden Preise von fossilen Energieträgern (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 11).

Gleichfalls hat der Preisverfall von Erdgas zu Effekten geführt, welche die unkonventionelle Gasförderung teilweise unrentabel haben werden lassen. Seit 2008 ist der Gaspreis von 13 auf 4 US-Dollar/MMBtu (1MMBtu \approx 293,3kWh) gefallen. Die Gewinnschwelle liegt beim heutigen Stand der Technik bei ca. 8 US-Dollar/MMBtu. Zusätzlich weist die Frackingtechnik bei den Ausbeuten einen entscheidenden Nachteil auf: Die Produktionsraten fallen schnell und deutlich ab, was weitere Bohrungen notwendig macht, die sich wiederum preislich niederschlagen. Dieser Umstand hat dazu geführt, dass die Unternehmen ihre möglichen Gasreserven hoch bewerteten, um an weiteres Kapital zu

gelangen. Das schürt gegenwärtig die Angst vor einer sogenannten „Shalegas-Blase“ (Dröge, Westphal 2013, S. 3ff.).

Dennoch wird von der IEA ein „Goldenes Zeitalter“ für Erdgas prognostiziert. Es ist von einer steigenden Nachfrage von fast 50% bis 2035 auszugehen, welches dem Umfang der dreifachen jährlichen Jahresproduktion Russlands entspricht. Zu mehr als Zweidrittel soll dies durch unkonventionelle Gasförderung abgedeckt werden (Dröge und Westphal 2013, S. 5).

Ein weiterer Punkt ist die Abhängigkeit von Gasimporten. Im Jahr 2010 war Deutschland lediglich in der Lage 14% des Verbrauches selbst zu decken, Tendenz sinkend (Habrigh-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, 56ff.). In den USA wird die vollständige Unabhängigkeit von Gasimporten bis 2035 erwartet (Habrigh-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 43).

Auch der Energiesektor zur Verstromung von fossilen Brennstoffen befindet sich durch den neuen Gasüberschuss im Wandel. So wurde noch im Jahr 1992 in den USA der Strom zu 53% aus Kohle und zu 13 % aus Gas erzeugt. Im Jahr 2012 lagen die Zahlen bei 37% Kohle und 30% Gas (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 5).

Somit hat die USA ihren Kohleverbrauch nachhaltig senken können. Gleichzeitig stiegen die Kohleexporte nach Deutschland von 5% (Jahr 2006) auf 25% (Jahr 2012). Der steigende Kohleanteil am deutschen Strommix wurde teilweise als Ausgleich zum sinkenden Kernenergieanteil verwendet (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 5).

Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

Die Auswirkung auf Mensch und Umwelt ist eine der zentralen Fragen, ob die Technologie überhaupt eine Daseinsberechtigung hat oder nicht. Momentan gehen die Expertenmeinung je nach Interessensgemeinschaft weit auseinander.

Vier Hauptrisiken liegen zurzeit auf dem Diskussionstisch:

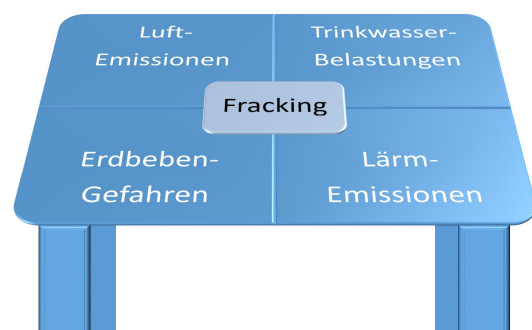


Abbildung 1: Diskussionstisch Fracking, eigene Darstellung nach (Habrigh-Böcker, Kirchner und Weißenberg 2015, 15)

Wie in Abb. 1. zu sehen ist, sind die Risiken in vier zentrale Punkte unterteilt, die nachstehend tiefergehend beleuchtet werden sollen (Habrigh-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 13).

Lärm-Emissionen

Die Lärm-Emissionen entstehen zumeist durch den erhöhten LKW- Verkehr und die Motorengeräusche bzw. Bohrgeschälle während der Bohrarbeiten. (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 83, S. 94).

Das erhöhte Verkehrsaufkommen ist begründet durch den benötigten An- und Abtransport von Gütern wie Rohre, Sand, Chemikalien, Wasser, Bohrschlämme, Frac-Flüssigkeit und das produzierte Erdgas /Erdöl (Zittel 2016, S. 50).

Erdbeben-Gefahren

Da bei der Technologie leichte Erosionen sogar gewünscht sind, um das Aufbrechen der Gesteinsschichten zu ermöglichen, besteht ein generelles Risiko von Erdbeben. Hierzu ist zu sagen, dass die seismischen Aktivitäten unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsgrenze liegen. Wenn sich jedoch seismisch ungünstige Konstellationen, wie Vorspannungen in den Gesteinsschichten ergeben, wird von Experten mit Erdbeben von bis zu 2,3 (Richterskala) gerechnet (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 94ff.).

Eine Universitätsstudie aus Texas ermittelte, dass es bereits in der ersten Jahreshälfte von 2015 zu mehr als 20 Erdbeben der Größenordnung 2,5 (Richterskala) kam, wobei in den Jahren zuvor keine nennenswerte seismische Aktivität feststellbar war. Es wird davon ausgegangen, dass sich durch das Fracking eine inaktiv geglaubte, geologische Verwerfung reaktiviert hat (Zittel 2016, S. 95).

Eine Expertenkommission um den Cambridge-Professor Robert Mair hat nach vorab erhobenen Gutachten festgestellt, dass Erdbeben zwar im Bereich des Möglichen liegen, aber als vernachlässigbares Risiko zu sehen sind. Bei der Beurteilung von Risiken betreffend der Grundwasserkontamination wurde dies als „very low risk“ eingestuft (Eftekharzadeh 2013, S. 707).

Trinkwasser-Belastung

Ein weiterer wesentlicher Kritikpunkt ist der hohe Wasserverbrauch beim Fracking. In Deutschland wurden für drei Fracks rund 12000 m³ Wasser eingesetzt. (Delzeit, Klepper und Lange 2013, 11). Eine detaillierte (Tabelle 2) an Hand des Bsp. der Bohrung „Damme 3“, welches die erste Frackbohrung in Ton Gestein in Deutschland darstellt, ist im Anhang enthalten (Zittel 2016, S. 212).

In Tabelle 2 werden auch detailliert die Zusammensetzungen von dem eingesetzten Frackfluid dargestellt, was zu gleich den nächsten Kritikpunkt aufweist. Die mögliche Kontaminierung (Leckagen) von Grundwasser durch die enthaltenen Chemikalien steht hierbei im Vordergrund (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 10). Wie vorab beschrieben ist auch die Gefahr eines „Blowouts“ gegeben, welcher das Fracking Fluid über weite Landstriche verteilen könnte und somit zu Kontaminationen führt (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 84). Die Häufigkeit und das Ausmaß von „Blowouts“ ist am Bsp. von Norddakota USA als Diagramm 1 im Anhang enthalten. (Zittel 2016,

212) Für die eingesetzten Chemikalien die das Bakterienwachstum verhindern sollen (Biozide) „ist von einem hohen Gefährdungspotenzial auszugehen“, so berichtet das Bundesumweltministerium (BMU) (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 91ff.).

In den USA ist es auch zu Methangaskontaminationen im Trinkwasser gekommen, die durch Rohrleitungsleckagen verursacht wurden (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 10).

Deutsche Industrievertreter und Ingenieure vertreten häufig die Meinung, dass die Unfälle in den USA aufgrund „hemdsärmeliger“ Arbeitsweisen in den Gasunternehmen zustande gekommen sind. Bei konsequentem Einhalten von Sicherheitsregeln und Weiterentwicklung der Technik wären größtenteils die Unfälle vermeidbar gewesen (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 84ff.).

Luft-Emissionen

Zu Beginn ist zu bemerken das es sowohl bei der konventionellen als auch bei der unkonventionellen Erdgasgewinnung zu Luft-Emissionen kommt. Im Wesentlichen gehören hierzu CO₂, Methan, Stickoxide (NO_x), BETEX, Formaldehyd und Schwefelwasserstoffe (Habrich-Böcker, Kirchner, Weißenberg 2015, S. 13) (Zittel 2016, S. 85ff.).

Betrachtet man zunächst ausschließlich das Treibhausgas CO₂ so sind erstmals rückläufige Emissionswerte in den USA zu verzeichnen. Hierzu hat das Fracking und der damit verbundene höhere Gasanteil in der Stromerzeugung maßgeblich beigetragen. (Delzeit, Klepper und Lange 2013, 7) So haben im Jahr 2011 die USA 6,9 % weniger Treibhausgase ausgestoßen als 2005. Auch die modernisierte Fahrzeugtechnik und die lahmende Konjunktur hatten einen zusätzlichen positiven Effekt. (Dröge, Westphal 2013, S. 2ff.) Die USA sind sogar der Überzeugung, dass Fracking einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz darstellen kann, da Erdgas einen geringeren Emissionskoeffizienten als Erdöl oder Kohle aufweist. (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 11) (Dröge, Westphal 2013, S. 2).

Allerdings wird auch Methan emittiert, meist in der Größenordnung von 2%-3% der Gesamtgasausbeute. In einer 20. Jahresperiode weist Methan ein 72-mal höheres Treibhauspotenzial auf, als CO₂ auf 100 Jahre gerechnet nur noch 25-mal so viel. Hier stellt sich die Frage, ob der positive CO₂- Effekt durch den negativen Effekt des Methans aufgehoben wird (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S. 7).

Es entstehen gleichwohl technische Maßnahmen unter Verwendung des „Reduced Emission Completions (REC)“, das zum Ziel hat, die Luftschadstoffe herauszufiltern. (Habrich-Böcker, Kirchner und Weißenberg 2015, 13) Das zurückgewonnene Methan lohnt sich für die Firmen mittelfristig (Dröge, Westphal 2013, S. 2ff.).

Somit ist es eher eine Frage der Sorgfalt innerhalb der Produktion von unkonventionellem Erdgas, ob sich die Klimabilanz verbessern lässt oder nicht (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S.8).

Klimaaspekte: Das Klima 2°C- Ziel „Ade“ oder „Wir schaffen das“?

Klimaschutz ist stets mit wirtschaftlichen Interessen verknüpft. So sind die gegenwertig fallenden Preise für fossile Energieträger Gift für die Klimapolitik. Dies wird durch den Frackingboom noch verstärkt. Die gesunkenen Preise steigern die Nachfrage an fossilen Energieträgern, was die CO₂- Emissionen erhöht (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S.11).

Ein weiterer Effekt ist das die regenerativen Energien zunehmend unwirtschaftlich erscheinen, im Vergleich zum vermeintlich günstigen Erdgas (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S.11). Allerdings ergeben volkswirtschaftliche Prognosen, dass die CO₂- Senkung die langfristig günstigere Alternative darstellt (Zittel 2016, S.183).

Der CO₂- Emissionshandel sollte die Position der regenerativen Energien stärken und eine regulatorische Funktion übernehmen. Nach heutiger Sicht ist dies zunehmend als gescheitert zu betrachten, da die CO₂-Emissionsberechtigungen auf einem Niedrigniveau gehalten werden und somit die Steuerwirkung verloren haben. (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S.11ff.)

Da der Emissionshandel nicht weltweit einheitlich geregelt ist, entstehen energieintensive Branchen zunehmend in Ländern mit niedrigen Energiepreisen. Dieser Effekt wird auch als „Carbon-Leakage“ (deutsch = Kohlenstoff Leck) bezeichnet, was es zunehmend schwieriger macht Nationen zur Unterzeichnung eines Klimaabkommens zu bewegen. Als Beispiel stammen in China 30% der verursachten CO₂- Emissionen aus der Produktion von Exportgütern (Delzeit, Klepper, Lange 2013, S.12ff.).

Damit Deutschland als eines der stärksten Industrieländer seinen Beitrag zum 2°C Ziel leisten kann, müssen die CO₂- Emissionen bis 2050 nur noch 150-200 Mio. Tonnen betragen. Dies würde eine Reduktion des CO₂ von 80% gegenüber dem Jahr 1990 bedeuten (Unnerstall 2016, S. 253).

Um einen Vergleich ziehen zu können wie sich die Treibhausgasemissionen von unkonventionellem Erdgas (Schiefergas & Tight Gas) zu konventionellem Erdgas und Kohle verhält sind folgende Vorraussetzungen als gegeben anzunehmen. Aufgrund der belastbareren Daten aus den USA wird davon ausgegangen das sich die Treibhausgas (THG) Emissionen in Europa wie in den USA verhalten. Das entweichen von Methan in das Grundwasser ist durch technische Lösungen wie vorab beschrieben, ausgeschlossen und der Wirkungsgrad eines Gasturbinen-Kombikraftwerkes beträgt 57,5%. So ergeben sich dann die THG-Zahlen pro erzeugter kWh Strom für Schiefergas wie folgt (Generaldirektion interne Politikbereiche Europäisches Parlament 2011, S.44ff.):

Tabelle 2 Treibhausgas Schiefergasgewinnung

THG Schiefergas	CO ₂ -Äquivalent in [g/kWh Strom]
Schiefergasproduktion	113,5
Schiefergas Verteilung	3,6
Schiefergas Verbrennung	344,3
Gesamt	461,4

Quelle: Eigene Darstellung nach (Generaldirektion interne Politikbereiche Europäisches Parlament 2011, S.44)

Wenn jedoch aufgrund der sinkenden Ertragsrate z.B. mehr Bohrungen notwendig werden kann der Gesamtwert auf bis zu 660 g/kWh ansteigen. Die konventionelle Erdgaserzeugung mit Transport über die Pipeline Strecke von 7000 km ist mit 470 g/kWh veranschlagt. Als letzte Vergleichszahl soll die Kohle aus einem „modernen kohlebeheizten Dampfkraftwerk“ mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 46% zum Vergleich herangezogen werden. Hierbei ergibt sich ein Wert von 850 g/kWh (Generaldirektion interne Politikbereiche Europäisches Parlament 2011, S.44).

Somit ist festzustellen das selbst bei idealen Bedingungen die CO₂-Äquivalentenbilanz das unkonventionelle Erdgas negativer erscheinen lässt, als das konventionelle Erdgas. Wird jedoch von realen Bedingungen ausgegangen mit gewissen Leckage Raten an Methan so kann sich das Schiefergas schlechter in der Bilanz darstellen als das kohlebeheizte Dampfkraftwerk. Jedoch bleibt die offene Frage, wie viel Methan tatsächlich ungewollt freigesetzt wird (Generaldirektion interne Politikbereiche Europäisches Parlament 2011, S.44ff.).

Ausblick

Die Technologie des „hydraulic fracturing“ weist im Augenblick noch sehr viele Fragezeichen auf. Ist die Technik grundsätzlich eine Gefahr für die Umwelt und die Menschheit? Sollte dieses Verfahren vermieden oder sogar verboten werden? Diese Fragen sind nicht mit ja oder nein zu beantworten. Vielmehr liegt die Wahrheit wie so oft dazwischen. Fossile Ressourcen sind endlich und auch durch konsequenten Ausbau von alternativen Energien wird es immer einen gewissen Grundbedarf an ihnen geben. Um diesen Bedarf zu decken und zusätzlich die Umstellung von fossil auf erneuerbar harmonischer ablaufen zu lassen ist das „hydraulic fracturing“ eher als eine Art Brückentechnologie zu verstehen. Ein konsequentes Verweigern oder Verbieten ist wahrscheinlich wirtschaftlich und politisch langfristig nicht tragfähig. Vielmehr ist jetzt die Zeit rechtliche und technische Rahmenbedingungen zu schaffen, die es ermöglicht die Technologie für die Zukunft sicherer anwendbar zu gestalten.

Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWI,
Erdgasversorgung in Deutschland,
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Konventionelle-Energietraeger/gas.html>,
25.11.2016.
- Delzeit, Ruth, Klepper, Gernot, Lange, Mareike, 2013.
Fracking, globale Energiemärkte und die zukünftige Klimapolitik. In: *ECONSTOR*. Kiel Policy Brief, IfW, No. 64.
- Dröge, Susanne, Westphal, Kirsten, 2013. Schiefergas für ein besseres Klima? Die Fracking-Revolution in den USA setzt die europäische und die internationale Klimapolitik unter Druck. In: Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP) 44.
- Eftekharzadeh, Puya, 2013. Was spricht gegen Fracking?. In: NuR (Natur und Recht) Heft 10.
- Europäisches Parlament, Generaldirektion interne Politikbereiche Fachabteilung A Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik, Auswirkungen der Gewinnung von Schiefergas und Schieferöl auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit, http://www.lbst.de/ressources/docs2011/shale-gas-PE-464-425_FINAL_DE.pdf, 25.11.2016.
- Habrich-Böcker, Christiane, Kirchner, Beate-Charlotte, Weißenberg, Peter, 2013. Fracking- Die neue Produktionsgeographie. Springer Verlag, Wiesbaden.
- Unnerstall, Thomas, 2016. Faktencheck Energiewende. Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg.
- Zittel, Werner, 2016. Fracking Energiewunder oder Umweltsünde. oekom Verlag, München.

Curriculum Vitae

Patrick Christ



Ausbildung:

- | | |
|-----------|--|
| Seit 2015 | Master-Studium „Umwelt- und Verfahrenstechnik“ an der HS-Weingarten. |
| 2013-2014 | Internationaler Schweißfachingenieur: Akademischer Abschluss [IWE/SFI] Zertifizierung nach EWF1107-1/DVSIW |
| 2013-2014 | Ausbildung zum Strahlenschutzbeauftragten nach S4.1 & S2.2. |
| 2008-2012 | Bachelor-Studium „Verfahrenstechnik“ Akademischer Abschluss [B.Sc.] |
| 2005-2008 | Fachhochschulreife an der Paul-Ehrlich-Schule parallel zu Ausbildung. |
| 2004-2007 | Berufsausbildung zum Chemikanten im Unternehmen Sanofi-Aventis. |

Beruflicher Werdegang:

- | | |
|-----------|---|
| 2013-2015 | Berufstätigkeit als Projektingenieur im Unternehmen Raschig GmbH im Bereich Anlagenbau und Verfahrenstechnik. |
| SS-2011 | Praktikum im Unternehmen TÜV Saarland E.V. im Bereich Umweltschutz und Anlagensicherheit. |
| 2007-2008 | Berufstätigkeit im Unternehmen Pfizer-AG als Chemikant im Bereich Aufarbeitung und Fermentation. |

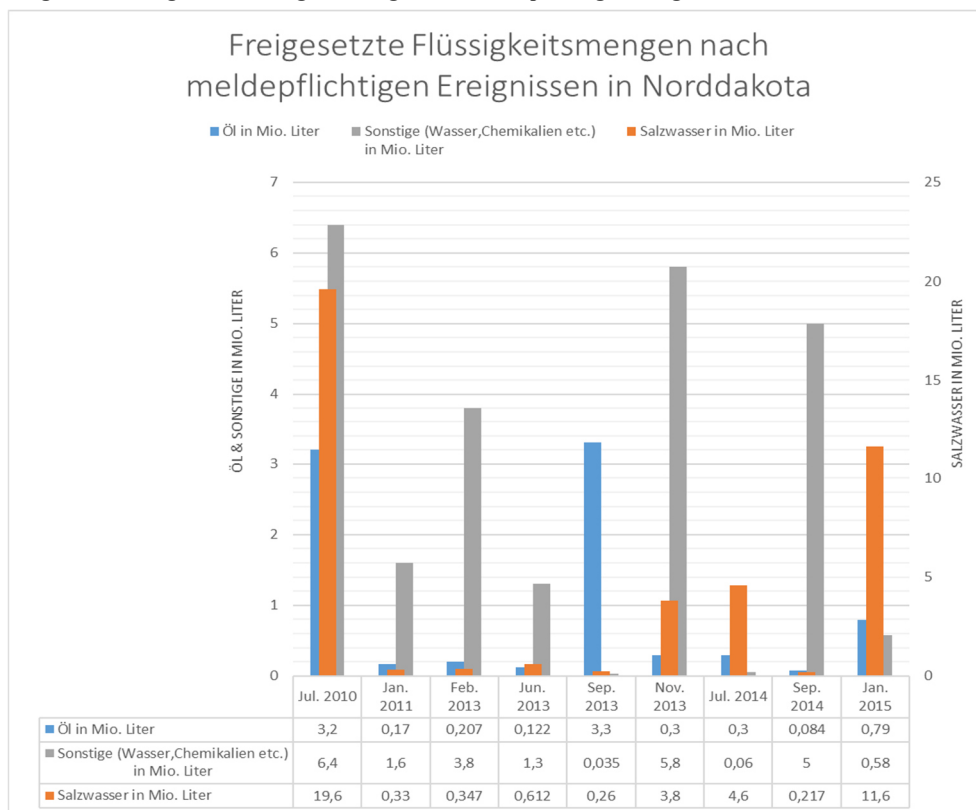
Anhang

Tabelle 3 Eingesetzte Stoffe als Fracking Fluid

Eingesetzte Stoffe als Fracking Fluid in der Bohrung Damme 3		
Funktion	Masse in kg	CAS-Nr.
Keramische Stützmittel	588000	66402-68-4
Wasser	12095000	
Tonstabilisator	10612	
Tetramethylammoniumchlorid	6367	75-57-0
N.N. (nach Aussage von Exxon als nicht gefährlich eingestuft)	4245	
Wasser + Reibungsreduzierer	8801	
Leichte wasserbehandelte Erdöldestillate	2640	64742-47-8
Polymer	440	9036-19-5
N.N. (als nicht gefährlich eingestuft)	5721	
Biozid	460	
Magnesiumchlorid	23	7786-30-3
Magnesiumnitrat	46	10377-60-3
5-Chloro-2Methyl-2H-Isothiazol-3-One	46	
2-Methyl-2H-Isothiazol-3-One (3:1) N.N. (nach Aussage von Exxon als nicht gefährlich eingestuft)	345	
Gesamtfluidmasse	12722746	
Biozidanteil bezogen auf Gesamtfluidmasse in ‰	0,04	

Quelle: Angelehnt an (Zittel 2016, 212)

Diagramm 1 Freigesetzte Flüssigkeitsmengen nach meldepflichtigen Ereignissen in Norddakota



Quelle: Eigene Darstellung nach (Zittel 2016, 207ff.)

Graue Energie

Johanna Bogner¹

¹ HTWG Konstanz, 78462 Konstanz, E-Mail: Johanna.Bogner@htwg-konstanz.de

Abstract

The topic of embodied energy is closely related to a LCA, life cycle analysis. Embodied energy can be defined as the amount of energy used for the extraction of raw materials, production, packaging, transport, maintenance, disposal and recycling of a product. So far, it is mostly used in the field of architecture and construction. With this paper, awareness should be raised for a product's whole life cycle and minimization of embodied energy. The cocktail 'gin tonic' is used to demonstrate the calculation of parts of its life cycle. Results show embodied energy for production of the shaker, packaging of beverages gin and tonic water and transport of a cucumber. For an ultimate value of the embodied energy of a cocktail further calculation and standardization of units is needed. In general, embodied energy is an important issue for personal consideration of consumption, industrial production and politics. Recommendations for all levels are given, whereby a reduction of embodied energy should be the overall objective.

Einleitung

Graue Energie ist bei weitem nicht einfarbig grau, sondern setzt sich aus vielfältigen Energieformen bunt zusammen. Im Englischen als „embodied energy“ bezeichnet, lässt sich erschließen, dass es sich um die in einem Körper innewohnende Energie handelt. Genauer definiert beschreibt graue Energie die Energiemenge, die für Rohstoffgewinnung, Herstellung, Verpackung, Transport, Unterhalt, Entsorgung und Recycling benötigt wird. Es werden alle Phasen des Lebenszyklus eines Produktes oder auch einer Dienstleistung berücksichtigt. Da graue Energie auch als „Maß für den Verbrauch an endlichen, erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen sowie [ein] Indikator für die mit dem Energieverbrauch verbundenen Umweltbelastungen“ (Püschel & Dr.-Ing. Teller, 2013, S. 9) bezeichnet wird, liegt der Bezug zur Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld auf der Hand. Wichtig ist bei der Betrachtung der grauen Energie die Abgrenzung zu anderen ökologischen Indikatoren wie dem CO₂-Fußabdruck, dem Ressourcenrucksack oder dem virtuellen Wasser. Im Bereich Architektur und Bauen wird der Begriff viel verwendet, auch in der Schweiz ist die graue Energie eine gängige Größe.

Mit diesem Paper soll die Relevanz des Themas dargestellt werden und somit das Bewusstsein für latenten Energieverbrauch in der Gesellschaft, der industriellen Produktion und in der Politik gestärkt werden.

Graue Energie im Produktlebenszyklus

Die Betrachtung von grauer Energie im Produktlebenszyklus kann als Energiebilanzierung bezeichnet werden. Sie ist somit als zentrale Rechengröße wichtiger Teil einer LCA, Life-Cycle Analysis. (Spreng, 1995, S. 119)

Die komplette Berechnung einer LCA bzw. Ökobilanz würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Es werden daher nachfolgend Produkte betrachtet, die in ausgewählten Phasen ihres Lebenszyklus signifikanten Einfluss auf die Umweltbelastung eines Cocktails nehmen. Als anschauliches Beispiel dient der Cocktail „Gin Tonic“, der aus den Getränken Gin und Tonic Water besteht und mit Gurkenscheiben verfeinert wird. Mit Hilfe eines Cocktailshakers können die Zutaten gemischt werden. Für die Herstellung des Cocktailshakers, den Transport der Gurke sowie die Entsorgung der Getränkeverpackungen wird, wie in Abbildung 1 verdeutlicht, die graue Energie der jeweiligen Lebenszyklusabschnitte analysiert.

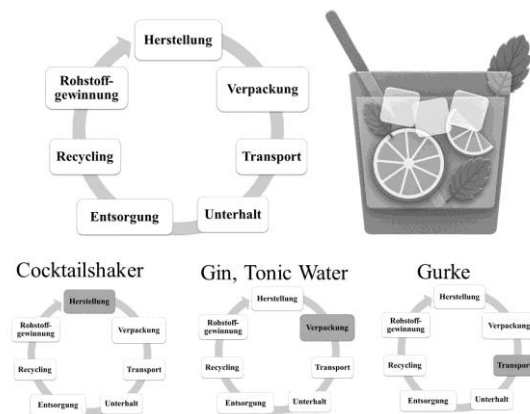


Abbildung 1: Lebenszyklus der Cocktailzutaten mit Hervorhebung der betrachteten Abschnitte

Herstellung am Beispiel Cocktailshaker

Der Anteil der grauen Energie, der für die Herstellung eines Produktes anfällt, hängt vor allem von den benötigten Rohstoffen ab. Die Rohstoffgewinnung und Herstellung von Edelstahl für den Cocktailshaker soll als anschauliches Beispiel nachfolgend betrachtet werden.

Rohstoff bei der Stahlherstellung ist Eisenerz, das im Tagebau z.B. in Brasilien oder Australien gefördert wird. Das Roheisen wird dann nach Deutschland importiert, um dort in der Weiterverarbeitung den Kohlenstoff zu entziehen und entsprechende Legierungen hinzuzufügen. Die Herstellung im Hochofen- oder Elektrostahlverfahren

geht mit sehr hohem Energiebedarf einher. Die graue Energie für hochlegierten Edelstahl mit 0% Recyclat wird mit 105 MJ/kg angegeben. Zusätzlich fallen pro Tonne Roheisen etwa zwei Tonnen Abraum und Abfälle an. Daher ist eine Wiederverwendung von Altmittel aus ökologischer und energietechnischer Sicht unbedingt vorzuziehen. Recycling von Stahlschrott findet bereits in großem Maßstab statt, unter anderem auf Grund des geringen Qualitätsverlustes des Ausgangsmaterials. Dabei fallen für Stahl mit 100% Recyclat nur etwa 30-50% an grauer Energie im Gegensatz zur Herstellung aus Eisenerz an. (Kolb, 2016)

Der Wert für die graue Energie von Edelstahl in der Herstellung liegt also zwischen 30-105 MJ/kg. Es wird somit für einen Cocktailshaker mit etwa 0,5 kg ein Minimum von 15 MJ graue Energie in der Herstellung aufgewandt und dafür beispielsweise 1 kg trockenes Holz energetisch umgesetzt (Heizwert von Holz $H_u = 16$ MJ/kg) (Kuchling, 2011, S. 633). Im anderen Extremfall fallen für den Cocktailshaker aus Primäredelstahl etwa 50 MJ graue Energie in der Herstellung an. Dies entspricht der Verbrennung von knapp 2 kg Holzkohle (Heizwert von Holzkohle $H_u = 31$ MJ/kg) (Kuchling, 2011, S. 633). Beachtet werden muss hierbei, dass nur die Herstellung des Edelstahls ohne Formen und Weiterverarbeitung berücksichtigt wird. Außerdem stellt sich die Frage, ob bei der Berechnung der gesamten grauen Energie eines Cocktails der Anteil des Cocktailshakers auf Grund der Nutzungszyklen als geringer angenommen wird. Die Umweltbelastung durch den Lebenszyklus eines Cocktailshakers könnte auf die Anzahl der Einsätze aufgeteilt werden.

Verpackung am Beispiel Getränke

Der Anteil der grauen Energie, der für Verpackungsmaterial anfällt, nimmt einen besonderen Stellenwert ein. Verpackungen werden für den meist einmaligen Gebrauch hergestellt und für den Transport des Produktes verwendet. Die Nutzungsdauer ist somit extrem kurz und das dabei entstehende Müllaufkommen groß. Wiederverwendung und Wiederverwertung, also Recycling von Verpackungsmaterialien sind von höchster Bedeutung.

Im Folgenden wird für den Cocktail die Verpackung der Getränke, also beispielsweise der Mischgetränke wie Tonic Water oder Cola betrachtet. Dieses soll jeweils in 0,33 l Glas-Mehrweg-Flaschen, Glas-Einweg-Flaschen, Weißblech-Dosen und Aluminium-Dosen verglichen werden. Die Ökobilanz für Getränkeverpackungen des Umweltbundesamtes liefert die dargestellten Ergebnisse in Abbildung 2. Die berechneten Indikatoren sind in Einwohnerdurchschnittswerten angegeben und können zum Umweltwirkungspotential aufsummiert werden. Mit einem Gesamtwert von 123.000 ist die Glas-Mehrweg-Flasche ökologisch am Günstigsten. Auffällig sind die

relativ geringen Werte der Dosensysteme im Gegensatz zur Glas-Einweg-Flasche. Erstens sind diese auf das geringere Gewicht vor allem der Aluminiumdose zurückzuführen. Zudem wurden im berechneten Szenario unrealistisch günstige Annahmen getroffen.

- Der Anteil des Recycling-Aluminiums liegt in der Studie bei 90%, wohingegen der Durchschnittswert für den Sekundär-Aluminium-Einsatz für Verpackungen bei 70% liegt.
- Die Emissionswerte der Aluminiumherstellung beruhen auf westeuropäischen Standards, durch den Import von Aluminium müssen aber andere Kraftwerkstypen berücksichtigt werden.

Das System Glas-Einweg-Flasche zeigt in der Studie das größte Umweltwirkungspotential (266.000). Dies ist einerseits auf die oben genannten Faktoren bei der Berechnung der Dosenwerte, auf den hohen Energiebedarf beim Einschmelzen von Altglas und die energieintensive Neuglasherstellung zurückzuführen. Zusammenfassend wird festgestellt, dass durch den hohen Energieeinsatz bei der Weißblech- und Aluminiumherstellung sowie den hohen Bedarf an Neuglas beim Glas-Einweg-System die Verpackung von Getränken in Glas-Mehrweg-Flaschen bevorzugt werden sollte. Dazu ist anzumerken, dass der Transportweg zur Wiederauffüllung der Glas-Mehrweg-Flaschen möglichst kurz gehalten werden muss. (Kotshik, 2016, S. 80ff.; Schmitz, 2000, S. 311ff.).

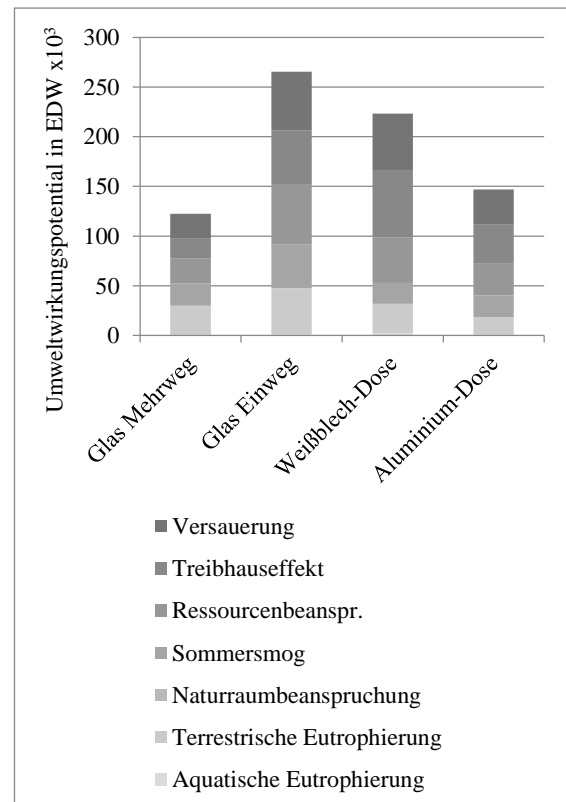


Abbildung 2: Umweltwirkungspotential von Getränkeverpackungen, nach (Schmitz, 2000, S. 311ff.)

Transport am Beispiel Gurke

Eine Folge der Globalisierung ist ein immenser Anstieg des Handelsvolumens von Gütern in den letzten Jahrzehnten. Der Transport von Rohstoffen und Produkten der gesamten Lieferkette findet per See-, Luft- oder Landweg über weltweite Distanzen statt und zieht einen enormen Energieverbrauch nach sich. Die Energiequellen, die für die aktuell gängigen Transportwege Flugzeug, Frachtschiffe und LKWs verwendet werden, sind zum größten Teil fossil und sorgen für hohen Treibhausgasausstoß. Durch sogenanntes Outsourcing finden Produktionsschritte für Anlagen und Produkte weltweit statt und müssen über weite Strecken zum Endkunden befördert werden. Dieser vorgeschaltete Energieverbrauch, der je nach Produkt sehr groß ausfallen kann und eine hohe Umweltbelastung darstellt, wird anteilig mit der grauen Energie berücksichtigt.

Mit dem Konzept der Umweltbelastungspunkte (UBP) in der modularen Ökobilanzierung soll im Folgenden die graue Energie beim Transport verdeutlicht werden. Als anschauliches Beispiel dient der Einkauf einer Gurke, die für den untersuchten Cocktail „Gin Tonic“ verwendet wird. Ein Gemüse ist deswegen geeignet, da Produktionsschritte und Lieferkette überschaubar sind. Die UBP wurden durch Normierung und Gewichtung von Schadenskategorien entwickelt, so dass die gesamte Umweltbelastung eines Produkts konkret in einer Zahl zusammengefasst werden kann (Epp & Reichenbach, 1999, S. 26f.).

Tabelle 1: Szenarien für UBP einer Gurke, berechnet nach (Epp & Reichenbach, 1999)

	Sparte in UBP		
	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Produktionsart	Bio 84	Freiland 125	Gewächshaus 310
Konservierung	Frisch 12	Frisch 12	Frisch 12
Verpackung	Keine 0	Karton 33	Plastikfolie 17
Herkunft	Region 18	Europa 78	Übersee 1844
Heimtransport	zu Fuß 0	Bus 5	Auto 14
Lagerung	Gekühlt 0	Gekühlt 0	Gekühlt 0
Zubereitung	Roh 0	Roh 0	Roh 0
Abfalltrennung	Entsorgung 12	Entsorgung 12	Entsorgung 12
Summe	149	288	2232

Aus Tabelle 1 wird deutlich, welchen Einfluss der Transport auf die Umweltbelastung von Gemüse nimmt. Die Gurke aus Europa (Szenario 2) mit 78 UBP hat im Vergleich zur Gurke aus der Region (Szenario 1) einen rund viermal höheren Wert. Absolut gesehen zur Umweltbelastung durch die Produktionsart „Bio“ oder „Freiland“ sind die Werte jedoch anteilig gering an der Gesamtsumme. Wenn nun die Gurke aus Übersee (Szenario 3) betrachtet wird, dominiert der UBP-Wert von 1844 alle Sparten um ein Vielfaches und steigert die Gesamtumweltbelastung enorm.

Die simple Betrachtung einer Gurke zeigt hier also, wie hoch der Einfluss des Transports vor allem von weiten Strecken auf graue Energie, auf Umwelt und Klima ist.

Problematik der grauen Energie

Das Problem der Berechnung der grauen Energie ist die Einheitlichkeit und Vollständigkeit der Daten. Bei den oben genannten Beispielen wird graue Energie für Edelstahl in MJ/kg, für Getränkeverpackungssysteme in Einwohnerdurchschnittswerten (EDW) des Umweltwirkungspotentials und für die Gurke in Umweltbelastungspunkten (UBP) angegeben. Eine einheitliche Berechnung der grauen Energie eines Cocktails ist somit unmöglich, wenn nicht bestimmte Umrechnungen und Normierungen vorgenommen werden. Ähnlich wie bei der Berechnung einer Ökobilanz sind für die graue Energie Standards nötig. Die Vollständigkeit der Daten hängt zudem von der Eingrenzung der betrachteten Systeme ab. Werden alle Teilprodukte und Lieferketten berücksichtigt, ergibt sich ein hoher Rechenaufwand. Wie die Matrix in Tabelle 2 zeigt, ist die Berechnung der grauen Energie des Cocktails „Gin Tonic“ nicht vollständig. Dafür wäre die Berechnung der grauen Energie aller Lebenszyklusabschnitte sowie der fehlenden Systemkomponenten Eiswürfel und Glas nötig.

Tabelle 2: Unvollständige Berechnung der grauen Energie des Cocktails „Gin Tonic“

	Shaker	Gin, Tonic	Gurke	Eiswürfel	Glas
Herstellung	15-50 MJ	x	x	x	x
Verpackung	x	123.000 EDW	x	x	x
Transport	x	x	1844 UBP	x	x
Unterhalt	x	x	x	x	x
Entsorgung	x	x	x	x	x
Recycling	x	x	x	x	x

Doch auch bei erfolgreicher Berechnung der grauen Energie stellt sich die Frage, wie der Wert der grauen Energie in den Kaufpreis eines Produktes integriert werden kann. Für den einzelnen Konsumenten ist es schwierig, die graue Energie eines Produktes abzuschätzen. Einerseits ist es fast unmöglich, an alle erforderlichen Daten zur vollständigen Berechnung zu gelangen. Andererseits stellt sich die Frage, ob generell von Konsumenten erwartet werden kann, dass diese sich über den Wert der grauen Energie eines Produktes unaufgefordert informieren.

Grundlegende Problematik in Bezug auf graue Energie sind Verhalten und Gewohnheiten der Gesellschaft. Durch die schiere Masse und den Konsum von Gütern fällt eine Unmenge an grauer Energie und zusätzlich ein riesiges Müllaufkommen an. So besitzen die meisten Menschen in der westlichen Gesellschaft eine extrem hohe Anzahl von Gütern, allerdings werden viele dieser Objekte nicht oder extrem selten benutzt. Zusätzlich wird auf Grund von Mode, Statusdenken und weiteren Faktoren immer mehr konsumiert und somit graue Energie produziert. Von Seiten der Industrie fehlt oft ein Verantwortungsbewusstsein für ökologisch und sozial verträgliche Rohstoffgewinnung, Herstellung und Entsorgung. Das Streben nach Gewinnmaximierung überwiegt in den meisten Unternehmen. Die Problematik im Bereich Politik und Gesetzgebung ist im Hinblick auf einen umweltfreundlichen Lebenszyklus von Produkten beispielsweise die enge Verknüpfung mit der Wirtschaft und eine träge Durchsetzung von Veränderungen.

Lösungen und Konsequenzen

Das vorliegende Beispiel, die graue Energie des Cocktails „Gin Tonic“, zeigt interessante Werte und Vergleiche in den jeweiligen Lebenszyklusabschnitten. Die komplette Berechnung, um den energetischen Lebenszyklus eines Cocktails zu analysieren fehlt und es wird kein Wert für die gesamte graue Energie des Cocktails erhalten. Das Ergebnis einer Berechnung allein ist allerdings nicht aussagekräftig für diesen Beitrag. Viel eher geht es um eine anschauliche Darstellung und Sensibilisierung für die Thematik. Dabei wird durch Aufzeigen der verschiedenen Lebenszyklusabschnitte ein Grundverständnis geschaffen und zu weiterem Nachdenken angeregt.

Persönlich kann jeder Einzelne seinen Beitrag zur grauen Energie minimieren. Weniger und bewusster Konsum reduzieren absolut die Anzahl an Produkten, für deren Lebenszyklus graue Energie anfällt. Suffizienz- und Postwachstums-Modelle zielen genau darauf ab (Prof. Dr. Sippel, 2016, S. 265). Weitere logische Konsequenz ist eine verlängerte Nutzungsdauer von Produkten durch Reparieren. Trends zu Repair-Cafés sind als sehr positiv zu werten und weiterhin zu fördern. Auch die gesellschaftliche Veränderung weg vom Eigenbesitz und hin zu

einer so genannten „sharing economy“ liefert eine Lösung zur Minimierung der grauen Energie. Der Betrag von bis zu 50 MJ allein für die Herstellung eines Cocktailshakers fällt beispielsweise nur einmal an, wenn mehrere Haushalte das Küchengerät gemeinsam benutzen.

Auf der Ebene der Industrie erfolgt der Aufruf zu einer globaleren Betrachtungsweise. In Zeiten von Klimawandel und schwindenden Ressourcen sind alle Unternehmen dazu verpflichtet, Verantwortung für ihre Produktion zu übernehmen. Der Fokus liegt hingegen oft noch auf Gewinnsteigerung und Wettbewerb mit Konkurrenzunternehmen. Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld sollte also aus eigenem Interesse an einem grünen Planeten stattfinden. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und das Konzept der Konsistenz versprechen eine nachhaltige Nutzung von grauer Energie. Durch neue, energiesparende Technologien ist bereits in einigen Produktparten die Nutzungsphase beim Betrachten des Energieverbrauchs von geringer Bedeutung. Viel mehr ist daher auf eine Minimierung der grauen Energie in den übrigen Lebenszyklusabschnitten zu achten und eine funktionierende Kreislaufwirtschaft anzustreben. Z.B. im Bereich Getränkeverpackung sollte hierbei vermehrt auf Recyclingtechnologien gesetzt werden.

Schließlich wird die Politik als Akteur genannt. Strengere Gesetzgebung für die Industrie zur Energieeinsparung bei der Herstellung, der lokalen Versorgung und somit Minimierung von Transportwegen oder vorgeschriebene Recyclingquoten sind nur einige Ideen. Eine gesetzlich geregelte, einheitliche Kennzeichnung von Produkten mit hoher grauer Energie, beispielsweise Glas-Einwegflaschen und Getränkedosen, würden den Konsumenten helfen graue Energie zu minimieren. Ein durchdachtes Modell ist das Schweizer „Consigne Energie Grise CEG“. Es schlägt vor, dass Hersteller mit dem Verkauf eines Produktes ein Reparaturpfand auf ein staatliches Konto einzahlen (Willemin, 2016, S. 17). Dieses Pfand wird im Reparaturfall dem Kunden vergütet und für die Instandsetzung verwendet.

Fazit

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die graue Energie bei der Diskussion um Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld von großer Bedeutung ist. Am einfachen Beispiel des Cocktails „Gin Tonic“ wird in diesem Beitrag die Relevanz, aber auch die Problematik der Berechnung der grauen Energie dargelegt. Wichtig ist die Sensibilisierung für das Thema, welche auf allen Ebenen eine Minimierung der grauen Energie zur Folge haben sollte. Gesellschaftlich ist übermäßiger, unnötiger Konsum einzudämmen, für Industrie und Politik sind globales Denken und Handeln sowie eine funktionierende Kreislaufwirtschaft anzustreben.

Literaturverzeichnis

- Epp, A., & Reichenbach, A. (1999). *Rückmeldung an KonsumentInnen zu den Umweltfolgen ihrer Lebensmitteleinkäufe*.
Zürich: ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- Epp, A., & Reichenbacher, A. (1999). *Umweltfolgen von Lebensmitteleinkäufen*.
Abgerufen am 16. 11 2016 von
<http://www.ulme.ethz.ch/index.html?bewertung.htm>
- Kolb, B. (2016). *Forum Nachhaltiges Bauen*.
Abgerufen am 20. 11 2016 von
<http://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Stahl>
- Kotschik, G. e. (2016). *Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen*.
Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Kuchling, H. (2011). *Taschenbuch der Physik*.
München: Carl Hanser Verlag.
- Prof. Dr. Sippel, M. (2016). *Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld*.
Konstanz: HTWG Konstanz.
- Püschel, D., & Dr.-Ing. Teller, M. (2013).
Klima- und Ressourcenschutz durch Reduzierung der grauen Energie. S. 9-24.
- Schmitz, S. e. (2000). *Ökobilanz für Getränkeverpackungen II*.
Berlin: Umweltbundesamt.
- Spreng, D. (1995). *Graue Energie*.
Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Willemin, L. (2016). La Consigne Energie-grise pour sortir de l'impasse.
IROMagazine, S. 17.

Curriculum Vitae

Johanna Bogner

Ausbildung:

- | | |
|-----------|---|
| 2011 | Abitur Carl-von-Linde Gymnasium, Kempten |
| 2012-2015 | Bachelor-Studium Umwelt- und Verfahrenstechnik, MCI Innsbruck, Österreich |
| Seit 2016 | Master-Studium Umwelt- und Verfahrenstechnik, HTWG Konstanz |

Beruflicher Werdegang:

- | | |
|------|---|
| 2015 | Bachelorandin, Primara Test- und Zertifizier-GmbH, Kaufbeuren |
| 2016 | Praktikantin, Bcomp AG, Fribourg, Schweiz |

Abstract

Mobility is a very important aspect of our modern society. But it is also a Problem for our environment, due to CO₂-emissions. The question is, does a new and more efficient car save enough CO₂ and money to replace an old one. An average German car is nine years old, consumed 7.2 l/100km and emits 172.5 g CO₂/km. An average new car with combustion engine consumed 5.6 l/100km and emits 129.4 g CO₂/km and an electric car consumed 20 kWh/100km and emits 90 g CO₂/km when it is charged with common electricity. The average price of a conventional car was 28,330 € and of a comparable electric car 35,000 € in 2015. In economic aspects a new car can't redeem. But in environmental aspect it is possible. The result of this calculation shows that electric cars redeem faster than conventional cars. At best, with usage of only CO₂-neutral electricity, it takes only 4.4 years to redeem. Conventional cars take about 12 years for the same result. As another option Carsharing can be used to reduce the number of cars needed for the same mobility.

Einleitung

Mobilität ist heutzutage wichtiger denn je. Doch die Umweltverträglichkeit dieser, in einer globalisierten Welt immer wichtiger werdenden, Mobilität steht immer wieder zur Diskussion. „Der Verkehr ist für 28 % des Endenergieverbrauchs und 20 % der energiebedingten CO₂-Emissionen in Deutschland verantwortlich.“ [Pehnt et al. 2011, S.222] Es stellen sich Fragen, wie viel Mobilität ist umweltverträglich und insbesondere mit welchen technischen oder logistischen Lösungen lässt sich Mobilität nachhaltiger gestalten.

Neben der Effizienzsteigerung herkömmlicher Verbrennungstechnik stehen derzeit batterieelektrische Fahrzeuge (kurz Elektroautos) besonders im politischen und wirtschaftlichen Fokus. Möchte man aber den bestehenden Fahrzeugbestand überdurchschnittlich schnell mit umweltfreundlicheren Fahrzeugen ersetzen, sollte man auch die bei der Fahrzeugproduktion entstehenden Emissionen betrachten. Es stellt sich also nicht nur die Frage, ab wann es sich durch Sprit- bzw. Energieersparnisse und somit einer Betriebskostenreduzierung rein wirtschaftlich rechnet ein altes Fahrzeug zu ersetzen, sondern auch ab wann die CO₂-Bilanz positiv wird? Also eine Amortisationsrechnung sowohl aus wirtschaftlicher Sicht als auch bezogen auf CO₂-Emissionen stellvertretend für die Umweltbelastung.

Diese Betrachtung berücksichtigt allerdings nicht den logistischen Aspekt, also z.B. wie viele Fahrzeuge durch Konzepte wie Carsharing eingespart werden könnten oder auch wie viel Mobilität tatsächlich notwendig ist.

Basisdaten für Amortisationsrechnung

Für die Amortisationsrechnung wird die Kosten- und CO₂-Ersparnis ins Verhältnis zu den Investitionskosten und dem bei der Herstellung emittierten CO₂ gesetzt. Dazu ist es wichtig repräsentative Daten zu ermitteln auf dessen Basis eine solche Rechnung durchgeführt werden kann.

Fahrzeugbestand 2015

Stand 1. Januar 2016 liegt das Durchschnittsalter eines in Deutschland zugelassenen Pkws bei 9,2 Jahren [KBA 2016b], das entspricht einer Erstzulassung im Jahr 2006. Der damalige Durchschnittsverbrauch eines benzinbetriebenen Pkw kann durch eine lineare Näherung aus Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes nach Tabelle 1 berechnet werden

Tabelle 1: Pkw-Durchschnittsverbräuche Benzin
2000 - 2015

Jahr	Durchschnittlicher Benzinverbrauch in l/100 km
2000	7,6 ¹⁾
2009	6,5 ²⁾
2010	6,2 ¹⁾
2015	5,6 ³⁾

Quelle: ¹⁾ KBA 2011, S.9

²⁾ KBA 2009, S.14

³⁾ KBA 2015a, S.22

Durch lineare Iteration kommt man auf einen Durchschnittsverbrauch für Benzin im Jahr 2006 von 7,2 l/100km und einem dazu gehörigen CO₂ Ausstoß von 172,5 g/km [KBA 2007]. Diese Daten dienen für die weiteren Betrachtungen als Grundlage.

Neuzulassungen 2015

Im Jahr 2015 wurden in Deutschland 1.611.389 neue Benzinzer zugelassen und somit etwas mehr als Dieselfahrzeuge mit 1.538.451 Neuzulassungen [KBA 2015a, S.8]. Wobei ein durchschnittlicher mit Benzin angetriebener Pkw einen Kraftstoffverbrauch von rund 5,6 l/100km aufweist [KBA 2015a, S.22] und einem rein durch den Betrieb verursachten CO₂-Ausstoß von 129,4 g/km [KBA 2015a, S.18]. Der durchschnittliche Preis eines Neuwagen lag im Jahr 2015 bei 28.330 € [DAT 2016, S.24]

Im gleichen Jahr wurden 12.363 neue Elektroautos zugelassen [KBA 2015a, S.18]. Eine vergleichsweise sehr geringe Zahl, dennoch aber relevant betrachtet man es exemplarisch als Alternative zur konventionellen Verbren-

nerstechnik. Ein Elektroauto fährt allerdings nur lokal emissionsfrei, das heißt am Einsatzort entstehen keine Emissionen, sehr wohl aber bei der Stromproduktion, sofern man es am öffentlichen Stromnetz lädt. Unter Berücksichtigung einer Lebensdauer von 12 Jahren [KBA 2014, S.17] und dem Strommix von 2013 [Icha 2014] in Kombination mit dem „Szenariorahmen Netzentwicklungsplan 2025 – Genehmigung Szenariorahmen 2025“, abzüglich eines sog. Life Cycle Assessment – LCA-Aufschlag nach Umweltbundesamt, der in [BMUB 2016] berücksichtigt wird, kommt man auf eine durch den Betrieb verursachte CO₂-Emission von ca. 90 g/km [BMUB 2016, S.2]. Einen solchen Trend gilt es bei Verbrennungsmotoren nicht zu berücksichtigen, da die CO₂-Emission durch das Fahrzeug technisch vorbestimmt ist und nicht im Laufe des Lebenszyklus geändert werden kann. Der durchschnittliche Verbrauch eines Elektroautos liegt bei rund 20 kWh/100km [Pehnt et al. 2011, S.227]. Einen durchschnittlichen Preis für ein Elektroauto zu ermitteln ist, auf Grund der geringen Produktvielfalt und der niedrigen Verkaufszahlen schwierig. Daher wurde exemplarisch der BMW i3 mit 60 Ah zu Grunde gelegt, da er in etwa der Fahrzeugkategorie des durchschnittlichen Verbrenners mit einem Kaufpreis von 28.330 € entspricht. Der BMW i3 ist ab 34.950 € Listenpreis erhältlich [BMW 2016].

Aus den gerade getroffenen Annahmen lässt sich schon schließen, dass auch bei nicht ausschließlich erneuerbarer Stromnutzung Elektroautos im Betrieb weniger CO₂ emittieren als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Doch sind hier die Produktionsemissionen noch nicht mitbetrachtet.

Fahrzeugproduktion

Betrachtet man eine Fahrzeugproduktion so kann man mindestens ebenso viele umweltrelevante Faktoren finden wie beim späteren Betrieb des Kraftfahrzeugs. Sei es der Schadstoffeintrag in die Umwelt durch die Lackierung oder Energieaufwand. Repräsentativ werden für diese Betrachtung die CO₂-Emissionen herangezogen. Aber auch hier muss man klar definieren welche Emissionen man der Datenbasis zu Grunde legt.

Hier werden nach [BMUB 2016] die Daten des Life Cycle Assessment – LCA des Bundesumweltamtes zugrunde gelegt. Demnach liegt der Anteil der CO₂-Emissionen, verursacht durch die Herstellung, die Wartung und die Entsorgung für konventionellen Fahrzeugen im Jahr 2015 bei 42 g/km und für Elektroautos bei 63 g/km [BMUB 2016]. Um den Absolutwert zu berechnen wird eine Lebensdauer von 12 Jahren [KBA 2014, S.17; Schmied et al. 2015, S.60] und eine Fahrleistung von rund 15.000 km/Jahr [Schmied et al. 2015, S.60; KBA 2015b; Mottschall/Bergmann 2015, S.48] als Basis festgelegt. Daraus ergibt sich eine Gesamtfahrleistung von 180.000 km pro Fahrzeug. Damit entsprechen die CO₂-Emissionen des LCA für verbrennungsmotorgetriebene Fahrzeuge 7,56 t/Pkw und für Elektroautos 11,34 t/Pkw.

Amortisationsrechnung

Mit den Basisdaten ist es nun möglich Amortisationszeiten bezogen auf die Kosten und den CO₂-Ausstoß zu berechnen.

Ökonomische Amortisation

Bei einer ökonomischen Betrachtung von Amortisationszeiten gilt es eine Vielzahl an Faktoren zu berücksichtigen. Viele von diesen sind nicht einheitlich zu quantifizieren oder nicht frei zugänglich. In diese Rechnung aufgenommen wurden Kosten bzw. Ersparnisse durch Kfz-Steuer, Kraftstoffe und Fahrzeugwartung.

Das durchschnittliche Fahrzeug 2006 hatte einen Hubraum von rund 1700 ccm³ [KBA 2016a, S.6] und somit einen Kfz-Steuersatz von 114 €/Jahr [BMF 2016a] im Vergleich dazu liegt ein neuer Benziner mit einem durchschnittlichen Hubraum von 1700 ccm³ [KBA 2016a, S.6] und einem, mittlerweile zu berücksichtigenden, CO₂-Ausstoß von 129,4 g/km [KBA 2015a, S.18] bei einem Steuersatz von 102 €/Jahr [BMF 2016a]. In diesem Fall liegt die Steuerersparnis bei 12 €/Jahr. Ein neu zugelassenes Elektroauto bekommt für die ersten 10 Jahre die Kfz-Steuer erlassen [BMF 2016b] und spart somit 114 € in den ersten 10 Jahren, danach spart man bei einem Steuersatz von 51 €/Jahr [BMF 2016a] noch 63 €/Jahr. Bezogen auf die Investitionssumme von ca. 30.000 € für ein Neufahrzeug wird also die Steuerersparnis kein großen Einfluss auf die Amortisierung haben.

Die Wartungskosten für ein Fahrzeug bleiben nicht konstant über seine Lebensdauer. Die hier verfügbaren Statistiken unterscheiden jedoch nicht nach Antriebsart. Dies scheint auch nicht nötig, betrachtet man exemplarisch einen Mini Clubman und einen BMW i3, welche demselben Marktsegment angehören. So sind die Wartungskosten nahezu identisch [ADAC 2016]. Laut [DAT 2016, S.64] verteilen sich die Wartungskosten über die Lebensdauer wie in Abbildung 1.

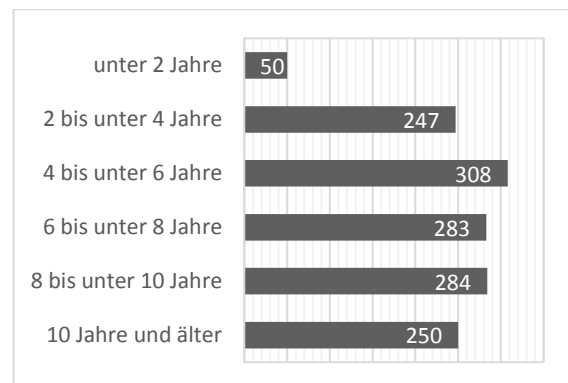


Abbildung 1: Wartungskosten pro Jahr nach Fahrzeugalter
Daten aus [DAT 2016, S.64]

Nach [DAT 2016] haben also die jährlichen Wartungskosten ihr Maximum zwischen vier und sechs Jahren. Dies

führt dazu, dass in der Amortisationsrechnung die Wartung teilweise sogar einen negativen Einfluss hat.

Bei den Kraftstoffpreisen ist es notwendig eine Prognose über deren Entwicklung in der Zukunft zu treffen. Bezogen auf den Benzinpreis je Megajoule werden in [Schmied et al. 2015, S.41] von zwei verschiedenen Szenarien auf der Basis von 0,017 €/MJ im Jahr 2010 ausgegangen. Das eine Szenario betrachtet eine geringe Preissteigerung auf 0,033 €/MJ im Jahr 2050, im anderen wird eine größere Preissteigerung angenommen, auf 0,044€/MJ [Schmied et al 2015, S.41]. Diese Kosten sind die Weltmarktpreise vor Steuern. Diese Prognosen lassen sich mit den Stoffdaten aus [Knörr 2012, S.12], einem Aufschlag für Steuern und Abgaben von 200% [Aral 2016] und unter der Annahme linearer Preisentwicklung auf einen Betrag in €/l für das jeweilige Betriebsjahr umrechnen. Mit Hilfe der durchschnittlichen Verbräuche in l/km kann so eine Ersparnis für die Amortisationsrechnung bestimmt werden.

Für die Strompreisentwicklung wird vereinfacht auch eine lineare Entwicklung angenommen auf Grundlage der Daten aus den letzten fünf Jahren nach [Eurostat 2016].

Als Besonderheit bei Elektroautos gibt es bei Kauf noch ein Prämie von 4000 € für den Kauf eines Neuwagen. Berücksichtigt man diese Faktoren so ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Verlauf:

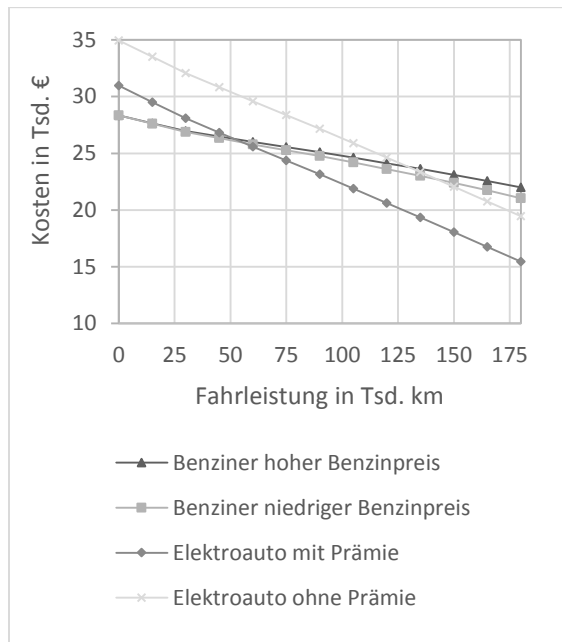


Abbildung 2: **Kostenamortisation nach Antriebsart und Kraftstoffpreis**

Deutlich aus dieser Betrachtung wird, dass sich kein Auto in einer Lebensdauer von 180.000 km bzw. 12 Jahren amortisieren kann. Da es sich bei Autos aber um Luxusgüter handelt, die sich in der Regel nicht amortisieren können ist diese Tatsache nicht weiter verwunderlich.

Interessant ist aber, dass es sich je nach Haltedauer durchaus finanziell lohnen kann ein Elektroauto statt einen Benzinzer zu kaufen, trotz der deutlich höheren Investitionskosten. Ohne Prämie tritt diese Situation nach 130.000 km bis 140.000 km bzw. ca. 9 Jahren ein. Die Prämie verkürzt diese Dauer auf ca. 50.000 km bzw. ca. 3,5 Jahre.

Ökologische Amortisation

Tabelle 2 zeigt jährliche Einsparung an CO₂ durch einen Neuwagen je nach Antriebsart. Das dritte Szenario „Neufahrzeug Elektroauto Erneuerbar“ geht davon aus, dass der Energiebedarf des Elektroautos ausschließlich aus erneuerbaren Energien stammt und somit CO₂ neutral ist.

Tabelle 2: CO₂-Einsparung im Fahrzeugbetrieb

Altfahrzeug CO ₂ -Emission ⁴⁾		172,5 g/km
Neufahrzeug Benzin	CO ₂ -Emission ⁵⁾	129,4 g/km
	CO ₂ -Einsparung	43,1 g/km
Neufahrzeug Elektrisch	CO ₂ -Emission ⁶⁾	90 g/km
	CO ₂ -Einsparung	82,5 g/km
Neufahrzeug Elektrisch Erneuerbar	CO ₂ -Emission	0 g/km
	CO ₂ -Einsparung	172,5 g/km

Quelle: ⁴⁾KBA, 2007

⁵⁾KBA, 2015a, S.18

⁶⁾BMUB 2016, S.2

Setzt man nun die Menge an, durch die Produktion, Wartung und Entsorgung, emittiertem CO₂ (7,56 t CO₂ für Benzinzer und 11,34 t CO₂ für Elektroautos) als Startwert für die Amortisationsbetrachtung ein, so ergibt sich der in Abbildung 3 dargestellte Verlauf:

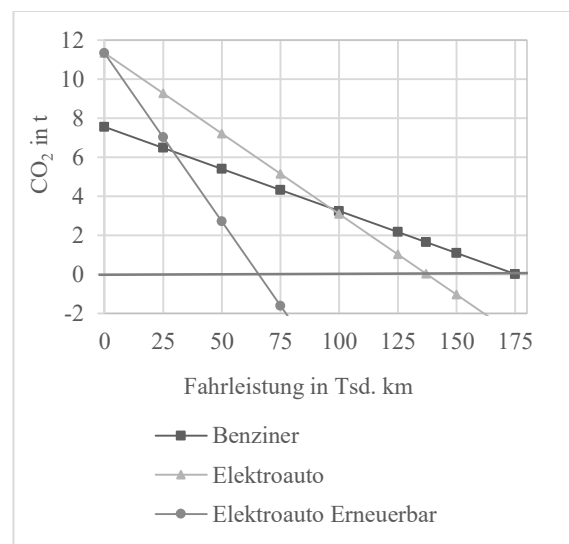


Abbildung 3: **CO₂-Amortisationsfahrleistung nach Antriebsart**

Trotz des höheren Startwertes amortisiert sich ein Elektroauto, bezogen auf die CO₂-Emissionen, nach rund 137.000 km und damit früher als ein moderner Benziner, der sich erst nach ca. 175.000 km amortisiert hat. Diese Berechnung fußt jedoch auf der Grundlage, dass der Strom für das Elektroauto aus dem öffentlichen Stromnetz kommt und die Prognosen bzgl. des Emissionsfaktors für Strom zutrifft. Ein Elektroauto, das ausschließlich mit aus erneuerbaren Energieträgern erzeugten Strom betrieben wird, amortisiert sich bereits nach etwa 66.000 km. Angenommen für ein Auto das mit einer Jahresfahrleistung von 15.000 km [Schmied et al. 2015, S.60; KBA 2015b; Mottschall/Bergmann 2015, S.48] über 12 Jahre [KBA 2014, S.17; Schmied et al. 2015, S.60] in Betrieb ist.

Rechnet man die Kilometer für die Amortisierung, auf Basis dieser Lebenszyklusdaten, in Jahre um, so ergeben sich für den Benziner rund 11,7 Jahre und für das Elektroauto etwa 9,1 Jahre für das rein erneuerbar geladene Auto sogar nur 4,4 Jahre. Kritisch hierbei ist, dass der Benziner bereits kurz vor Ende der durchschnittlichen Lebensdauer steht.

Logistische Optimierungskonzepte

Logistische Optimierungskonzepte wie z.B. Carsharing ändern nichts an den Emissionen der einzelnen Autos. Das heißt sowohl die Emissionen bei Produktion, Wartung und Entsorgung, ebenso wie die Emissionen durch den Betrieb bleiben natürlich gleich. Allerdings kann die Gesamtzahl der benötigten Pkw deutlich verringert werden. So ersetzt ein Carsharing-Fahrzeug in Innenstadtnähe bis zu 20 Pkw [BCS 2016b]. Auch am Stadtrand konnten bis zu 8 Pkw ersetzt werden, hier aber vor allem die Zweitwagen [BCS 2016b]. Diese Tatsache verringert vor allem die Emissionen durch den Lebenszyklus. Aber Carsharing scheint auch auf die Emissionen die durch den Betrieb entstehen einen positiven Effekt zu haben, denn laut der vom Bundesverband Carsharing beauftragten Studie geben die Carsharing-Nutzer an, dass sie im Zuge des Carsharings auch häufiger Fahrrad, Bus und Bahn nutzen [BCS 2016a] und somit öfter auf den Individualverkehr verzichten.

Beim Carsharing gilt es zwei Hauptkonzepte zu unterscheiden. Einmal in stationsbasierte Carsharing-Angebote und zum anderen in Stationsunabhängige Angebote [BCS 2016a]. Bei stationsbasierten Angeboten werden die Fahrzeuge nur an bestimmten, festgelegten Stationen abgestellt bzw. abgeholt bekannteste Vertreter dürften Cambio oder Stadtmobil sein, anderes bei den stationsunabhängigen Angeboten hier dürfen die Fahrzeuge innerhalb eines vorgegebenen Bereichs, z.B. Stadt Stuttgart, an einem beliebigen Ort abgestellt werden, die bekanntesten Anbieter für dieses Konzept in Deutschland sind wahrscheinlich DriveNow und Car2Go. Einen weiteren Unterschied sieht man in der Anzahl der Fahrberechtigten pro Auto, so sind es bei stationsbasierten 45,2 Personen und bei stationsunabhängigen Angeboten 125,6 Personen [BCS 2016a].

Fazit

In abschließender Betrachtung kann sagen, dass das Thema der Amortisierung sowohl in Bezug auf den ökonomischen als auch den ökologischen Aspekt ein schwieriges Thema ist und man auf eine ganze Reihe von Annahmen und Prognosen angewiesen ist. Dennoch lässt sich, auch wenn nicht mit sehr großer Genauigkeit, ein plausibles Ergebnis finden.

Ökonomisch betrachtet ist ein Auto ein Luxusgegenstand und wird sich somit auch nicht amortisieren. Jedoch ist zu erwarten, dass gerade Elektroautos über die Lebensdauer immer rentabler werden. Prämien und Steuererleichterungen helfen dabei diesen Prozess zu Beschleunigen.

Auch ökologisch kann sich ein Elektroauto rechnen. Hat es auch am Anfang durch die energieintensivere Herstellung eine deutlich höhere CO₂-Emission als ein vergleichbarer Verbrenner, so holt es doch im Laufe seiner Lebensdauer, auf Grund seiner deutlich höheren Effizienz auf und kann sich deutlich vor einem Benziner amortisieren. Entscheidend ist hierbei natürlich auch wie der Strom für das Elektroauto erzeugt wurde. Wurde der Strom CO₂-neutral erzeugt so reichen in diesem Beispiel schon 4,5 Jahre für die Amortisierung, während ein Benziner im Vergleich 11,7 Jahre, also fast einen kompletten Lebenszyklus braucht.

Wen man nun die Frage stellt ob es sich lohnt in ein neues Fahrzeug zu investieren, so gibt es keine eindeutige Antwort. Denn rein ökonomisch lohnt sich ein neues Auto nur in Ausnahmefällen, z.B. durch extreme Schäden oder Defekten. Ökologisch kann sich eine Neuinvestition rentieren, dies ist aber stark abhängig vom Vorgängerfahrzeug und im Falle des Elektroautos von dem Strommix der zum Aufladen verwendet wird.

Generell betrachtet ist es aber momentan sinnvoll ein Auto so lange wie möglich zu nutzen, da sowohl die Kosten als auch die Umweltbelastungen durch den Ersatz durch ein neues Fahrzeug sich nicht innerhalb der Lebensdauer des alten Fahrzeugs amortisieren können.

Außerdem können Carsharing-Angebote dabei helfen die Umweltbelastung durch den Kauf und die Produktion von Neufahrzeugen signifikant zu verringern, da hier die Autos von vielen Menschen gleichzeitig genutzt und deren Nutzung somit intensiviert werden kann.

Literatur

- Aral. (05. Dezember 2016). *Preisbildung und Struktur*. Von <https://service.aral.de/preisbildung-und-struktur> abgerufen
- BCS. (05. Dezember 2016). *Bundesverband Carsharing*. Von Neue CarSharing-Studie belegt: Geteilte Autos können Innenstädte deutlich entlasten: <http://www.carsharing.de/presse/pressemitteilungen/neue-carsharing-studie-belegt-geteilte-autos-koennen-innenstaedte-deutlich> abgerufen
- BCS. (01. Januar 2016). *Bundesverband Carsharing*. Von Datenblatt CarSharing in Deutschland: http://www.carsharing.de/sites/default/files/uploads/datenblatt_carsharing_in_deutschland_stand_01.01.2016.pdf abgerufen
- BMF. (05. Dezember 2016). *Bundesministerium der Finanzen*. Von <http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2016/05/2016-05-18-PM13.html> abgerufen
- BMF. (05. Dezember 2016). *Bundesministerium der Finanzen*. Von Kfz-Steuerrechner: http://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Service/Apps_Rechner/KfzRechner/KfzRechner.html abgerufen
- BMUB. (23. November 2016). *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*. Von http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_klimabilanz_2015_bf.pdf abgerufen
- BMW. (05. Dezember 2016). Von <http://www.bmw.de/de/home.html> abgerufen
- DAT. (2015). *DAT Report*. Ostfildern: DAT Group.
- KBA. (23. Februar 2007). Pressemitteilung Nr. 08/2007. *CO₂-Emission - Benziner auf gutem Kurs*. Flensburg.
- KBA. (2009). *Fahrzeugzulassungen (FZ) . Neuzulassungen und Besitzumschreibungen von Kraftfahrzeugen nach Emissionen und Kraftstoffen FZ 14*. Kraftfahrt Bundesamt.
- KBA. (15. März 2011). *Kraftfahrt Bundesamt*. Von http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/Fachartikel/emission_20110315.pdf?__blob=publicationFile&v=6 abgerufen
- KBA. (2014). *Fahrzeugzulassungen (FZ). Besitzumschreibungen und Außerbetriebsetzungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter FZ 16*. Kraftfahrt Bundesamt.
- KBA. (2015). *Fahrzeugzulassungen (FZ). Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen FZ 14*. Kraftfahrt Bundesamt.
- KBA. (01. Juli 2015). Pressemitteilung Nr. 15/2015. *14.259 Kilometer: Die jährliche Fahrleistung deutscher Pkw*. Flensburg: Kraftfahrt Bundesamt.
- KBA. (2016). *Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Personenkraftwagen und Krafträdern nach Motorisierung FZ 21*. Kraftfahrt Bundesamt.
- KBA. (23. November 2016). *Kraftfahrt Bundesamt*. Von http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugaalter/2016_b_fahrzeugaalter_kfz_dusl.html?nn=645784 abgerufen
- Knörr, W., & al., e. (2012). *Neuzulassungen und Besitzumschreibungen von Kraftfahrzeugen nach Emissionen und Kraftstoffen FZ 14*. Heidelberg: ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- Mottschall, M., Bergmann, T., & e.V., Ö.-I. (2013). *Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Pehnt, M., Helms, H., Lambrecht, U., & al., e. (September 2011). Elektroautos in einer von erneuerbaren Energien geprägten Energiewirtschaft. *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, S. 221-234. doi:10.1007/s12398-011-0056-y
- Schmied, M., Wüthrich, P., Zah, R., Althaus, H.-J., & Friedl, C. (2015). *Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050: Eine verkehrsträgerübergreifende Bewertung*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Curriculum Vitae

Christoph Petry

Ausbildung:

2011	Abitur am Willi-Graf Gymnasium Saarbrücken
2011-2016	Bachelor-Studium der Verfahrens- und Umwelttechnik an der Hochschule Konstanz
Seit 2016	Master-Studium der Umwelt- und Verfahrenstechnik Hochschule Konstanz

Beruflicher Werdegang:

Seit 2016	Wissenschaftliche Hilfskraft im Institut für angewandte Thermo- und Fluidodynamik (IATF) der Hochschule Konstanz
-----------	--

Das Mephrec-Verfahren – Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm

Meike Rühle¹

¹ HTWG Konstanz, 78462 Konstanz, E-Mail: meike.ruehle@web.de

Abstract

Phosphor is an essential element for life which is only in a few regions of the world degradable as phosphate rock. Especially for the agricultural sector phosphor is irreplaceable because it is in charge of rank farmland. Phosphor is a finite resource. This is the reason why the focus on phosphor recycling is increasing. The Mephrec process is one possibility to regain phosphate from waste. In this process effluent sludge gets pressed to briquettes. In the reactor the effluent sludge briquettes gasify and a phosphoric scum granulate results. This scum granulate is environmentally compatible and can be used as fertilizer on the fields. This paper explicates the mode of operation of the Mephrec process and its advantages and disadvantages.

Einleitung

Das Interesse in Deutschland an der Rückgewinnung von Phosphor aus Abfällen steigt. Aus diesem Grund wird vermehrt Forschung zu Phosphorrückgewinnungsverfahren betrieben. Forschungsbestandteil ist auch das Mephrec-Verfahren, bei dem in einem Verfahrensschritt der Phosphor aus Klärschlamm und gleichzeitig das energetische Potential genutzt wird. Das vorliegende Paper besteht aus zwei Teilen. Zu Beginn wird ein Einblick in die Bedeutung des Elements Phosphor und in die vorhandenen Ressourcen gegeben. Im zweiten Teil wird die Funktionsweise des Mephrec-Verfahrens mit seinen Vor- und Nachteilen erläutert. Außerdem wird der Stand der Forschung beschrieben.

Bedeutung von Phosphor für Lebewesen und Umwelt

Phosphor ist eines der wichtigsten Elemente für das menschliche und tierische Leben auf der Erde sowie für die Landwirtschaft. Das Element ist essentiell für den Energiestoffwechsel, den Knochenbau, die Verarbeitung von Erbinformationen und das Pflanzenwachstum. (Adam; Krüger 2013, S. 998) In der Landwirtschaft zählt Phosphor mit Kalium und Stickstoff zu den wichtigsten Nährstoffen, die die Verarmung der Ackerböden verhindern (Killiches 2013, S. 3). Während der Wachstumsphase nehmen die Pflanzen das Phosphat auf. Bei der Ernte wird der Natur der Nährstoff somit wieder entzogen. Die gebundenen Phosphate werden von Mensch und Tier durch Nahrung aufgenommen. Eine direkte Rückführung der Stoffe erfolgt meist nicht. Daher werden weltweit jährlich über 40 Millionen Tonnen abgebautes Phosphat als Dünger auf den Feldern ausgebracht, um einer Verarmung der Böden entgegenzuwirken und die Ernteerträge unverändert hoch zu halten. (Killiches 2013, S. 3ff.)

Phosphorressourcen

Phosphor ist eine endliche Ressource und durch keinen anderen Stoff ersetzbar oder künstlich herstellbar (Killiches 2013, S. 6). Der Rohstoff kommt phosphatgebunden zu circa 0,09 Prozent in der Erdkruste vor (Seiler 2014, S. 732). Die statistische Reichweite von Phosphor beträgt in etwa 370 Jahre (Adam; Krüger 2013, S. 998). Allerdings sinkt die Menge an wirtschaftlich abbaubarem Rohphosphat und die Belastung durch Schwermetalle wird immer größer, da nun auch Lagerstätten minderer Rohphosphaterzqualität ausgebeutet werden (Meyer; Steinmetz 2013, S. 1016). Zusätzlich kommt Phosphor, wie Abbildung 1 zeigt, nur in wenigen Ländern der Welt vor, die entweder selbst sehr viel Phosphat benötigen (z. B. China) oder politisch instabil sind (z. B. Marokko, Syrien). (Grüner et al. 2015, S. 491)

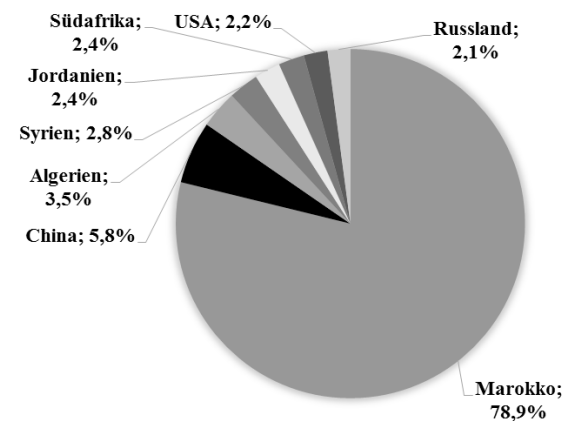


Abbildung 1: Globale Verteilung der erkundeten Reserven von Phosphat für 2013 (Quelle: verändert nach Wiechmann et al. 2013, S. 40)

Die Europäische Union ist abhängig vom Rohphosphatimport, da sie selbst über keine Ressourcen verfügt (Adam; Krüger 2013, S. 998). Nicht nur aus diesem Grund wird die Bedeutung des Phosphorrecyclings immer größer. In Deutschland erfolgte in den letzten Jahren eine Teilerückführung des Phosphats durch Ausbringung von Klärschlämmen auf den Äckern. Da Klärschlamm aber eine Senke für sämtliche im Abwasser enthaltenen Schadstoffe darstellt und die abgebauten Rohphosphaterze vermehrt mit Schwermetallen belastet sind, ist dieses Verfahren zunehmend umstritten. Es besteht die Gefahr, dass die Schadstoffe in die Oberflächengewässer und das Grundwasser und damit in das Trinkwasser gelangen können. Zudem ist der Phosphor im Klärschlamm nur schlecht pflanzenverfügbar und stellt damit keine befriedigende Lösung zur Düngung der Äcker dar. (Meyer; Steinmetz 2013, S. 1019f.)

Aus diesen Gründen wird vermehrt Forschung zum Schließen des Phosphorkreislaufes betrieben. Besonders die Abfälle Abwasser, Klärschlamm, Klärschlamm-Asche und tierische Nebenprodukte stehen im Fokus der Forschungen, da sie alle einen erheblichen Anteil an Phosphor enthalten. (Grüner et al. 2015, S. 491) Immerhin etwa 33 Prozent der benötigten Phosphatdünger in Deutschland könnten allein über die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm in den Kläranlagen gedeckt werden (Montag et al. 2015, S. 105f.).

Mephrec-Verfahren

Klärschlamm ist mit einem Heizwert von 10 bis 12 MJ/kg TS und bis zu 6 Prozent Phosphor in der Trockensubstanz sowohl für die energetische als auch für die stoffliche Verwertung sehr interessant (Scheidig et al. 2013, S. 1039). Bislang konnten die energetische und stoffliche Verwertung nicht in einem Verfahrensschritt kombiniert werden. Beim Mephrec-Verfahren erfolgt diese Kombination indem der Phosphor zurückgewonnen und gleichzeitig Brenngas energetisch genutzt wird. (Grüner et al. 2015, S. 494)

Das Metallurgische Phosphorrecycling, kurz Mephrec, ist ein thermisches Recyclingverfahren. Dabei erfolgt eine Sauerstoff-Schmelzvergasung von phosphorhaltigen Materialien in einem Schacht- oder Kupolofen, in welchen traditionell Metalle geschmolzen oder Gusseisen hergestellt wird. Im Verfahren wird zuvor brikettierter Klärschlamm im Ofen vergast und die daraus entstandenen Aschebestandteile bei circa 2.000 °C verflüssigt. Es entsteht eine Phosphorschlacke und eine Eisenlegierung, die getrennt voneinander abgestochen werden können. (Grüner et al. 2015, S. 493f.)

Verfahrensschritte

In Abbildung 2 ist das Grundfließbild einer Mephrec-Anlage mit den einzelnen Verfahrensschritten und den In- und Output-Strömen dargestellt.

1. Brikettierung

Als Inputmaterial in den Mephrec-Reaktor eignen sich feste, staubförmige oder pastöse phosphorhaltige Abfälle wie Klärschlamm oder Klärschlamm-Asche. Diese Stoffe müssen vor dem Einsatz im Schmelzvergaser brikettiert werden, damit die Gasdurchlässigkeit im Ofen gewährleistet ist. (Scheidig et al. 2013, S. 1040) Bei der Brikettierung von Klärschlamm gibt es zwei mögliche Vorgehensweisen. Zum einen kann einem mechanisch entwässerten Klärschlamm vor der Brikettierung 12 bis 15 Prozent Zement zugegeben werden, zum anderen kann der Klärschlamm auf 85 Prozent Trockensubstanz getrocknet und bindemittelfrei mit einer Hochdruckpresse gepresst werden. Die Restfeuchte der Briketts liegt zwischen 10 und 15 Prozent,

bevor sie dem Ofen zugeführt werden. (Scheidig; Mallon; Schaaf 2010, S. 439)

2.

Schachtschmelzvergaser

Für die Vergasung werden die Briketts, circa 13 Prozent Koks, bezogen auf den mineralischen Anteil in den Briketts und Sauerstoff in den Schachtschmelzvergaser eingeführt. Die Materialien werden im Ofen erhitzt, bis die Vergasung der organischen Bestandteile der Briketts eintritt. Diese werden mit der Abluft aus dem Ofen ausgetragen. Bei der Verbrennung des Koks mit Sauerstoff entstehen Temperaturen von 1.800 bis 2.200 °C, die zum Schmelzen der mineralischen Bestandteile der Briketts und der Zuschlagstoffe nötig sind. Die geschmolzenen mineralischen Bestandteile bilden mit der Koks-Asche eine Schlacke. (Scheidig; Mallon; Schaaf 2014, S. 129f.)

Durch die enorm hohen Temperaturen werden alle organischen Schadstoffe im Klärschlamm oder der Klärschlamm-Asche zerstört. Im Mephrec-Verfahren erfolgt auch eine Eliminierung von Schwermetallen. Schwermetalle, die bereits bei niedrigen Temperaturen schmelzen, wie Zink, Cadmium oder Quecksilber, verdampfen und werden mit der Abluft aus dem Ofen entfernt. In der Gasreinigung erfolgt eine Abscheidung und Beseitigung der Schwermetalle. Die bei höheren Temperaturen schmelzenden Schwermetalle, wie Kupfer oder Nickel, haben eine höhere Dichte und binden sich daher in einer Metallschmelze unterhalb der flüssigen Klärschlamm-Schlacke im Ofen. Die Schlacke kann somit getrennt von den Schwermetallen aus dem Schmelzvergaser abgestochen werden. (Scheidig; Mallon; Schaaf 2010, S. 445)

3.

Schlackengranulierung

Die Schlacke wird bei circa 1.450 °C abgestochen oder fließt kontinuierlich ab. Dabei erfolgt die Trennung der Schlacke und des Metalls entweder über zwei getrennte Abstiche in unterschiedlicher Höhe des Ofens oder über einen Siphon. Die Schlacke wird bei der Entnahme direkt granuliert und in einem Wasserbad abgekühlt. Die Schwermetallgehalte im Schlackengranulat liegen deutlich unter den zulässigen Werten der Klärschlammverordnung. Somit kann das Schlackengranulat als Dünger auf den Äckern ausgebracht werden. (Scheidig et al. 2013, S. 1043f.)

Zudem liegt der Phosphor im Schlackengranulat in einer besonders pflanzenverfügbaren Form vor. Als Maß für die Pflanzenverfügbarkeit wird

der Anteil an citronensäurelöslichem Phosphor-pentoxid (P_2O_5) in der Schlacke betrachtet, welcher in der Mephrec-Schlacke über 90 Prozent beträgt. (Scheidig; Mallon; Schaaf 2010, S. 443)

4. Eisenabstrich

Die separat abgestochene Metallschmelze wird zu Barren gegossen, die in der Eisen- und Stahlindustrie oder in Gießereien wiedereingesetzt werden können (Grüner et al. 2015, S. 496).

5. Gasverwertung

Das im Schachtschmelzvergaser entstandene Rohgas wird abgesaugt und gelangt in eine Abgasreinigung, wo der Grobstaub aus dem Gas entfernt wird. Das aus der Vergasung von Klärschlammbricketts entstandene Rohgas wird einem Energieerzeugungsprozess zugeführt. Dabei werden sowohl latente als auch fühlbare Wärme genutzt. (Grüner et al. 2015, S. 496) Wie in Abbildung 2 erkennbar, kann die Abwärme aus dem Ofen auch rückgeführt, und im Verfahren für die Vorwärmung des Input-Luftstroms oder die Klärschlamm-trocknung genutzt werden.

Bei der Nutzung von Klärschlamm-schebrieketts, wurde das energetische Potential des Klärschlamm-s bereits in der vorgeschalteten Mono-verbrennung entzogen. Hier kann das Abgas somit nicht mehr zur Energiegewinnung genutzt werden. (Scheidig et al. 2013, S. 1042)

Beispiel Nürnberg

Beim Metallurgischen Phosphorrecycling handelt es sich um ein neues Verfahren. Nach ersten Laborversuchen an der TU Freiberg wurde eine Pilotanlage im halbtechnischen Maßstab an der Kläranlage Nürnberg erbaut. Durch den Betrieb der Pilotanlage sollen die technische Machbarkeit, die Wirtschaftlichkeit und die ökologische Nachhaltigkeit im Dauerbetrieb überprüft werden. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Geforscht wird im Projekt in drei Richtungen. Es soll ein regionales Klärschlammverwertungskonzept erarbeitet werden, durch welches eine nachhaltige und ökonomische Verwertung in der Region Nürnberg möglich wird. Außerdem soll eine Verfahrenskette entwickelt werden, mit der die großtechnische Umsetzung gelingt und die Produktqualität und Vermarktungsmöglichkeiten der Phosphorschlacke untersucht werden. Ziel des Projekts ist, den Phosphorbedarf in Zukunft regional selbst wirtschaftlich decken zu können. (Grüner et al. 2015, S. 498ff.)

Vorteile

Ein ganz entscheidender Vorteil des Mephrec-Verfahrens ist die Kombination der stofflichen und der energetischen Verwertung des Klärschlamm-s in einem Verfahrensschritt. Zur Energieerzeugung kann gleichzeitig noch die prozess-

interne Abwärme genutzt werden. Dies macht das Mephrec-Verfahren zu einem besonders wirtschaftlichen Verfahren, da der entstandene Phosphordünger, die erzeugte Energie und die Metallschmelze als Produkte vermarktet werden können. Gleichzeitig ist das Verfahren sehr flexibel. Es können phosphorhaltige Abfälle unterschiedlichster Formen, solange sie zu Brieketts gepresst werden können, verwendet werden. Außerdem ist das Verfahren sehr einfach in andere, bestehende Verfahren integrierbar, zum Beispiel in eine Monoverbrennung. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Umweltverträglichkeit der Phosphorschlacke. Sie liegt in einer besonders pflanzenverfügbaren Form vor und ist damit optimal für die Düngung der Ackerböden geeignet. Außerdem ist sie frei von organischen Schadstoffen und beinhaltet kaum Schwermetalle. (Grüner et al. 2015, S. 494f.) Der Schwermetallgehalt ist sogar erheblich niedriger, als der des importierten Rohphosphats (Scheidig et al. 2013, S. 1045).

Nachteile

Bei der Gewinnung des Phosphors aus Klärschlamm-sche wird die Energie bereits im vorgeschalteten Prozess genutzt. Aus dem Mephrec-Verfahren kann bei der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm-sche somit nur die Schlacke und die Metallschmelze gewonnen werden. In diesem Fall ist die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens stark von den Importpreisen des Rohphosphats abhängig. (Scheidig; Mallon; Schaaf 2010, S. 448)

Alternativen

Parallel zum Mephrec-Verfahren wurde eine Vielzahl anderer Phosphorrückgewinnungsverfahren entwickelt.

Tabelle 1: Verschiedene Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

Material	Verfahren
Klärschlamm	<ul style="list-style-type: none"> • Kristallisationsverfahren <ul style="list-style-type: none"> – AirPrex-MAP-Verfahren – PECO-Verfahren • Säureaufschluss <ul style="list-style-type: none"> – Stuttgarter Verfahren – Seaborne-Verfahren • Hydrothormaler Aufschluss <ul style="list-style-type: none"> – PHOXNAN-LOPROX-Verfahren – Kemira KREPRO • Thermischer Aufschluss <ul style="list-style-type: none"> – ATZ-Eisenbadreaktor
Klärschlamm-sche	<ul style="list-style-type: none"> • Nasschemischer Aufschluss <ul style="list-style-type: none"> – RÜPA-/PASCH-Verfahren – SEPHOS-Verfahren • Thermischer Aufschluss <ul style="list-style-type: none"> – SUSAN – ATZ-Eisenbadreaktor • Elektrokinese <ul style="list-style-type: none"> – EPHOS • Bioleaching <ul style="list-style-type: none"> – Inocre

(verändert nach Mocker; Löh; Stenzel 2011, S. 12)

Phosphor kann sowohl aus Klärschlamm als auch aus Klärschlammasche rückgewonnen werden. Für beide Materialien ist in Tabelle 2 eine Auswahl möglicher Verfahren aufgelistet. Ein zertifizierter Phosphordünger kann allerdings nur aus dem Mephrec-, dem AirPrex-MAP- und dem SUSAN-Verfahren gewonnen werden. (Mocker; Löh; Stenzel 2011, S. 13)

Ausblick

Die Projektlaufzeit der Pilotanlage am Standort Nürnberg zur Ermittlung der technischen Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und ökologischen Nachhaltigkeit endet im März 2017. Ob sich das Mephrec-Verfahren in Zukunft durchsetzen wird, ist von den Ergebnissen des Projekts abhängig. Die Anzahl der Vorteile dieses Verfahrens und die Verknappung und zunehmende Schwermetallbelastung des Rohphosphats lässt allerdings darauf schließen, dass das Mephrec-Verfahren in Zukunft mehr an Bedeutung gewinnen wird.

Literatur

- Adam, Christian; Krüger, Oliver, 2013. Wertstoffpotential in deutschen Klärschlammaschen. In: Energie aus Abfall Band 10. TK Verlag, Neuruppin
- Grüner, Gerald et al., 2015. Phosphorrecycling mit dem Mephrec-Verfahren, Stand der Entwicklung. In: Energie aus Abfall Band 12. TK Verlag, Neuruppin
- Killiches, Franziska, 2013. Phosphat, Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit, hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- KRN Mephrec, 2016.
URL: <https://bmbf.nawam-erwas.de/de/project/krn-mephrec>, 12.11.2016
- Meyer, Carsten; Steinmetz, Heidrun, 2013. Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen kommunaler Kläranlagen. In: Energie aus Abfall Band 10. TK Verlag, Neuruppin
- Mocker, Mario; Löh, Ingrid; Stenzel, Fabian, 2011. Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm
URL: http://www.vivis.de/phocadownload/2011_wm/2011_WM_CD_44_Mocker.pdf, 14.11.2016
- Montag, David et al., 2015. Bewertung konkreter Maßnahmen einer weitergehenden Phosphorrückgewinnung aus relevanten Stoffströmen sowie zum effizienten Phosphoreinsatz, hrsg. vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Scheidig, Klaus; Mallon, Joachim; Schaaf, Michael, 2010. Sauerstoff-Schmelzvergasung von Klärschlamm in Klär- und Kraftwerken. In: Energie aus Abfall Band 7. TK Verlag, Neuruppin

Scheidig, Klaus et al., 2013. Klärschlamm-Monoverbrennung mit integriertem Phosphorrecycling. In: Energie aus Abfall Band 10. TK Verlag, Neuruppin

Scheidig, Klaus; Mallon, Joachim; Schaaf, Michael, 2014. Zukunftsfähige Klärschlamm-Verwertung mit dem Mephrec-Verfahren. In: Aktuelle Entwicklungen in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft, Band 44, hrsg. von Nelles, Michael, Rostock

Seiler, Udo, 2014. Vergleich von Verfahren zur Phosphatgewinnung aus Abwasser und Klärschlämmen, Technik und Kosten. In: Energie aus Abfall Band 11. TK Verlag, Neuruppin

Wiechmann, Benjamin et al., 2013. Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, hrsg. vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Curriculum Vitae

Meike Rühle

Ausbildung:

2012	Abitur am Remstal Gymnasium Weinstadt
2012-2016	Bachelor-Studium Umwelttechnik und Ressourcenmanagement an der Hochschule Konstanz
Seit 2016	Master-Studium Umwelt- und Verfahrenstechnik an der Hochschule Konstanz

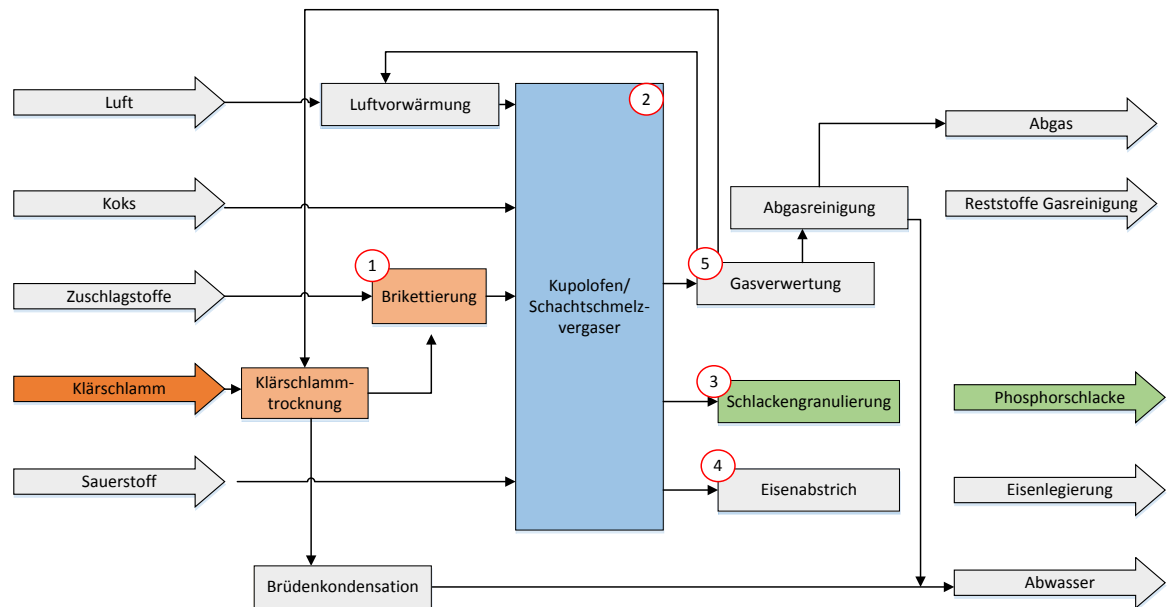


Abbildung 2: Grundfließbild einer Mephrec – Anlage (Quelle: verändert nach KRN Mephrec 2016)

Pleistozän-Park: Pilotprojekt zur Rettung des Permafrostbodens

Xenia Engelhardt¹

¹ HTWG Konstanz, 78462 Konstanz, E-Mail: xe721eng@htwg-konstanz.de

Abstract

In areas of the world where the annual average temperature is below -1°C permanently frozen soil forms - so called permafrost soil. In those parts of the bottom that formed through centuries prehistoric flora, fauna and microorganisms were conserved. Partly because of the climate change the permafrost soil is beginning to thaw and the microorganisms start to decompose the organic material in the soil. In aerobic environment CO_2 gases develop while in anaerobic surroundings (for example under water) methane is generated. Those so called greenhouse gases emerge into the atmosphere and escalate the thawing effect. To counteract the thawing in the east of Siberia the Russian geologists and climate scientists Sergey Zimov and his son Nikita started a pilot project: the Pleistocene park. The focus of the project is to restore the ecosystem of the mammoth-age as it was typical in the tundra 10.000 years ago.

Einleitung

In Gebieten der Welt, in denen die Jahresdurchschnittstemperatur bei -1°C liegt, bildet sich dauerhaft gefrorener Boden – sogenannter Permafrostboden. In diesen gefrorenen Erdschichten die sich über Jahrhunderte gebildet haben, wurden voreiszeitliche Flora und Fauna sowie Mikroorganismen konserviert. Aufgrund der Klimaerwärmung beginnt der Permafrostboden zu tauen und die Mikroorganismen zersetzen das im Boden vorhandene biologische Material, wobei sich in aeroben Umgebungen Kohlenstoffdioxid und in anaeroben Bereichen (beispielsweise unter Wasser) Methan bildet. Diese Treibhausgase werden in die Atmosphäre entlassen und treiben den Effekt weiter an. Um dem Tauen des Permafrostes im Osten Sibiriens entgegenzuwirken, startete der russische Geologe und Klimaforscher Sergei Zimov zusammen mit seinem Sohn Nikita ein Pilotprojekt: den Pleistozän-Park. Hierbei soll das Ökosystem des Mammuthalters wieder aufgebaut werden wie es in der Tundra vor 10.000 Jahren typisch war.

Permafrostboden

Entstehung und Verbreitung

Als Permafrost werden die Teile der Welt bezeichnet, bei denen der Boden ganzjährig und dauerhaft gefroren ist. Sie bilden sich dort aus, wo die Jahresdurchschnittstemperatur -1°C beträgt und der Jahresniederschlag 1000 Millimeter nicht übersteigt.

(Portnov, Smith, 2013, S. 3962–3967)

Die größten zusammenhängenden Permafrostareale befinden sich in den arktischen und antarktischen Tundren, in borealen Nadelwaldgebieten und in Hochgebirgen. Große Teile Nordkanadas, Alaskas, Grönlands und der

Osten Sibiriens liegen innerhalb der Permafrostzone. Diese macht ca. 20 bis 25% der gesamten Erdlandfläche aus.

(Nelson, Brigham, 2003, S. 5)

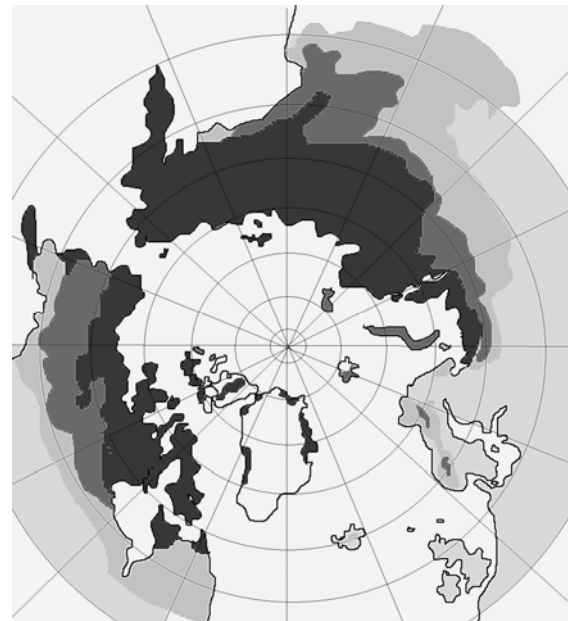


Abbildung 1: Verbreitung des Permafrostbodens in der nördlichen Hemisphäre

(Eigene Darstellung nach Nelson, Brigham, 2003, S. 5)

In Abbildung 1 ist die horizontale Verbreitung des Permafrostbodens auf der Nordhalbkugel dargestellt. Dunkelgrau bezeichnet hierbei den zusammenhängenden Permafrost. Das etwas hellere Grau zeigt das unzusammenhängende Vorkommen, während die hellste Graustufung das sporadische Vorkommen aufzeigt.

Neben der horizontalen Ausbreitung gibt es auch Unterschiede in der vertikalen Richtung. Während sich der Permafrostboden in Skandinavien lediglich auf 20 Meter Tiefe beschränkt, erreicht der Permafrost in Sibirien Tiefen bis 1500 Meter. Dies lässt sich mit der Kontinentalvergletscherung während der letzten Eiszeit, der Weichsel-Kaltzeit, erklären. Da die Gletscher in Sibirien keine große Ausbreitung hatten, war der Boden dort permanent der Kaltluft ausgesetzt und der Frost konnte tief in den Untergrund eindringen. In anderen Gebieten wurde der Boden durch die Gletscher weitestgehend isoliert.

(Nelson, Brigham, 2003, S. 6)

Bei sommerlichen Temperaturen kann der Boden oberflächlich auftauen, weswegen auch eine vertikale Gliederung erfolgen muss. Der oberflächliche Auftauboden, auch oft als active layer bezeichnet, erreicht Tiefen von

30 cm bis zwei Meter während der darunterliegende Boden gefroren bleibt. Dies ist der eigentliche Dauerfrostboden, die Grenzschicht zwischen diesem und des Auftaubodens wird als Permafrosttafel bezeichnet. In Tiefen bis maximal 1500 Metern kann der Boden aufgrund der geothermischen Wärmezufuhr nicht gefrieren und man spricht deswegen von Niefrostboden. Liegen teilweise Bereiche innerhalb des Bodens vor die nicht gefroren sind, spricht man von einer sogenannten Talik, wobei man zwischen offenen und geschlossenen Taliki unterscheiden muss. Eine geschlossene Talik hat keinerlei Kontakt zum Auftauboden. Abbildung 2 zeigt die verschiedenen Bereiche des Permafrostbodens schematisch auf.

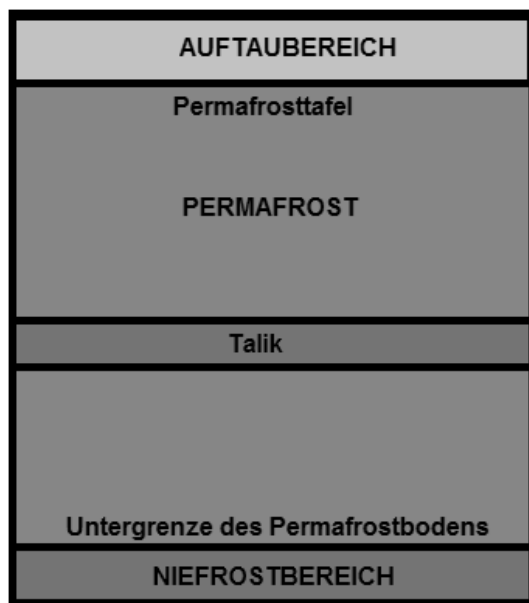


Abbildung 2: Vertikale Gliederung des Permafrostbodens

(Eigene Darstellung nach Nelson, Brigham, 2003, S. 6)

Potential des Permafrostbodens als Treibhausgasspeicher

Innerhalb des Permafrostes, der über Jahrhunderte angewachsen ist, finden sich zahlreiche prähistorische Flora und Fauna die im ewigen Eis gefroren sind. Tauen im Frühjahr die oberflächlichen Schichten des Bodens auf, tritt eine Vernässung des Bodens ein und die darunterliegende Frostsicht verhindert ein Abfließen des Wassers. Das Schmelzwasser sammelt sich in Tümpeln und es entstehen ausgedehnte Feuchtgebiete mit moorähnlicher Vegetation. In der nur zwei bis drei Monate langen Wachstumsphase des Sommers nehmen die Pflanzen zwar CO₂ aus der Atmosphäre auf doch nach dem Absterben der Pflanzen werden deren organische Überreste von Mikroorganismen zersetzt. Als Abfallprodukte entstehen unter aeroben Bedingungen Kohlenstoffdioxid. In anaeroben Umgebungen, beispielsweise unter der Oberfläche eines Sees, entstehen aufgrund von Fäulnisprozessen

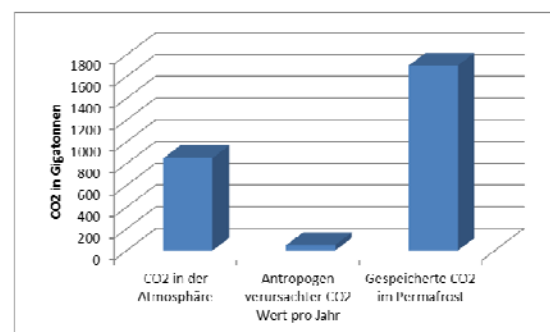
sen Methan. In der darauffolgenden Kaltzeit werden diese Gase, falls sie nicht sofort in die Atmosphäre entweichen, wieder im gefrorenen Boden gespeichert.

(Zimov, Schuur, Chapin, 2006, S. 1612-1613)

Die gesamte Menge an gespeichertem Kohlenstoff in der nördlichen Hemisphäre wird auf etwa 1700 Gigatonnen geschätzt. Dies ist doppelt so viel, wie momentan in der Erdatmosphäre vorhanden ist.

Tabelle 1 verdeutlicht das Potential des gespeicherten Treibhausgases im Permafrost im Vergleich zur vorhandenen Menge in der Atmosphäre und dem anthropogen entstehenden Anteil pro Jahr.

Tabelle 1: Potential des Permafrostbodens als Treibhausgasspeicher im Vergleich zur vorhandenen Menge und anthropogen entstehenden Anteil pro Jahr

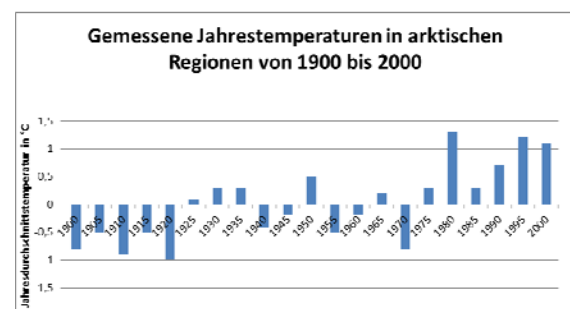


(Eigene Darstellung nach Zimov, Schuur, Chapin, 2006, S. 1612-1613; IPCC, 2014, S. 3)

Auswirkungen des Klimawandels

Innerhalb der vergangenen Jahrzehnte wurde beobachtet, dass sich die gemittelte Lufttemperatur in der Arktis beinahe doppelt so stark erwärmt hat wie die globale. In arktischen Regionen von Alaska und Sibirien wurde ein Anstieg von 2 bis 3 °C gemessen.

Tabelle 2: Jahresdurchschnittstemperaturen in der Arktis



(Eigene Darstellung nach ACIA, 2004)

Da der Permafrost in der horizontalen und vertikalen Verbreitung sehr stark Temperatur abhängig ist, reagiert dieser besonders empfindlich auf diese Veränderungen. Neben Änderungen der Lufttemperatur hat sich auch die Ausbreitung der Schneedecke und die Vegetation verändert. Die Dicke der aktiven Schicht nimmt nicht nur

kontinuierlich zu, auch gefriert diese in weiten Teilen nicht mehr vollkommen. Dies führt zu einem vermehrten CO₂ Ausstoß. Im Osten Sibiriens hat sich die Tiefe der aktiven Schicht im Zeitraum zwischen 1956 bis 1990 um etwa 20 cm erhöht.

(UBA Hintergrundpapier, 2006, S. 7)

Modellrechnungen legen nahe, dass bei weiterer Erwärmung damit zu rechnen ist, dass sich die Ausbreitung des Permafrostbodens um 20 bis 35% verringert, während sich die Tiefe der Auftauschicht zwischen 30 und 50% erhöht. Bis zum Ende des Jahrhunderts kann sich die heutige Permafrostfläche von 10,5 Millionen km² auf ein Zehntel verringern. Dies hat nicht nur Auswirkungen auf das Klima, auch zahlreiche ökologische und wirtschaftliche Folgen sind zu erwarten. Durch die Erhöhung der Permafrosttemperatur werden Wasserqualität, Topographie und Vegetation erheblich beeinflusst. So führen diese Vorgänge in Gebieten mit hohem Grundeisgehalt zu dessen Abschmelzung. Dies hat zur Folge, dass eine uneinheitliche Hügellandschaft entsteht, auch Thermokarst genannt. In den Senken sammelt sich das Wasser und es entstehen Seen während die Anhöhen austrocknen was eine deutliche Veränderung der Hydrologie und Vegetation mit sich bringt. Zudem erhöht sich die Bodenwassermobilität und es kommt zu einer erhöhten Erosionsrate. Dies führt dazu, dass mehr Sediment in Seen, Flüsse und Küstengewässer eingetragen wird wodurch der Kohlenstoffeintrag in den arktischen Ozean erheblich zunimmt.

Auch ökonomische Schäden sind zu erwarten und sind teilweise bereits zu beobachten. Aufgrund von Landsenkungen und abnehmender Bodenstabilität sind Schäden an Gebäuden, Straßen, Pipelines, Industrieanlagen und Infrastrukturen bereits eingetreten. Durch Erosion sind die Trinkwasserreserven von Siedlungen in Grundeisreichen Gebieten gefährdet. Es ist mit einem enormen finanziellen Aufwand zur Schadensbekämpfung und –minderung in den kommenden Jahren zu rechnen.

(UBA-Hintergrundpapier; 2006, S. 7 ff)

Pleistozän Park

Nach Expertenmeinung sind die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf den Permafrostboden nicht mehr komplett rückgängig zu machen. Doch die 1977 ins Leben gerufene wissenschaftliche Organisation, die North-East Scientific Station (NESS), hat sich zur Aufgabe gemacht die Auswirkungen der Klimaveränderungen in der Arktis zu untersuchen und dem Tauen des Permafrostbodens entgegenzuwirken.

(Zimov, 2005)

Die größte Initiative hierbei ist der sogenannte Pleistozän Park. Das inzwischen 160 km² große Areal wurde 1996

vom Geologen und Klimaforscher Sergej Zimov abgegrenzt und hat als Ziel die Wiedereinführung des Steppen-Ökosystems wie im Pleistozän-Zeitalter, dem Zeitalter des Mammuts. Die Idee dahinter ist, das momentan inaktive nördliche Ökosystem mit einem hochproduktiven zu ersetzen. Um dies zu erreichen wird eine Vielzahl von Pflanzenfressern, wie sie vor 10.000 Jahren die Tundra bevölkert haben, dort ausgewildert. Momentan wird der Park von sechs Arten bevölkert: Bisons, Moschusochsen, Elche, Pferde, Wapitis und Rentiere.

(Zimov, 2005)

Wissenschaftlicher Hintergrund

Gegen Ende des Pleistozän Zeitalters wurde die Erde von Steppenökosystemen dominiert. Diese hatten auf der ganzen Welt eine ähnliche Beschaffenheit, welche durch eine hohe Anzahl von Tieren, eine reiche grasartige Vegetation und einer hohen biochemischen Zyklusrate charakterisiert werden kann. Um das Ökosystem einer Steppe nachhaltig aufrechtzuerhalten, braucht es große Grasfresser wie Elefanten sowie Huftiere wie Kühe und Ziegen. Doch auch Fleischfresser wie Wölfe und Tiger sind nötig um die Zyklusrate aufrecht zu erhalten. Eine Analyse von Knochenfunden im Permafrost des nördlichen Sibiriens erlaubte eine Hochrechnung der Fauna-Biomasse auf ca. zehn Tonnen pro km². Selbst während den kältesten Zeitperioden im Norden. Die hohe Anzahl von Tieren erlaubt lediglich Gras als dominierende Vegetation, da Büsche, Moose und Bäume zertrampelt oder gebrochen wurden und dadurch abstarben.

Vor etwa 14.650 Jahren begann die Warmzeit, welche ein großes Massensterben der Tiere einläutete und das Ende des flächendeckenden Steppenökosystems zur Folge hatte. Eine Theorie warum dies vonstattenging, war die Migration des Menschen von Afrika in die gesamte Welt. Durch die Entdeckung des Feuers, das Entwickeln neuer Waffen und der Umstellung des Menschen vom Pflanzen- zum Allesfresser wurde das Steppenökosystem durch einen neuen Räuber empfindlich gestört. Durch die menschliche Migration flüchteten die Pflanzenfresser aus den Steppen, versteckten sich in Wäldern und Bergen. Dadurch wurde das Gras nicht mehr gefressen und lagerte sich nach dem Absterben als Abfall auf dem Boden an. Die Nährstoffe blieben im Boden und wurden später weggewaschen, Feuchtgebiete entstanden. Frische Bäume wurden nicht mehr zertrampelt was zum Waldwachstum führte. Die ehemalige Fauna konnte sich nicht mehr regenerieren, da die Nahrungsgrundlage fehlte. Nach einigen Jahrhunderten und durch den wachsenden Einfluss des Menschen auf die ehemaligen Steppen wurden diese durch moderne Ökosysteme ersetzt.

(Zimov, 2005; Bryant, Provenza, Pastor, Reichardt, 1991, S. 431–446)

Es ist zwar nicht möglich die frühere stabile Steppenlandschaft wieder einzuführen, da das heutige globale Öko-

system vor allem die Aufgabe hat, die menschliche Population zu ernähren. Dennoch gibt es auch heute noch Gebiete in denen Landwirtschaft nicht möglich ist, sodass eine Wiedereinführung der Steppe in Betracht gezogen werden kann.

Aufgrund der hohen Produktivität und Transpirationsrate von Steppen bleibt das Erdreich in einer stabilen Lage, das Risiko von Feuchtgebieten und damit verbundenen Methanemissionen ist daher sehr gering. Zudem kann der hohe Albedo-Wert einer Steppe dazu beitragen die Sonnenstrahlen wieder zurück ins All zu reflektieren und somit den Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffektes entgegensteuern.

(Zimov, 2005)

Umsetzung des Pilotprojektes

Bisherige Erfolge und Pläne für die Zukunft

Die Idee zur Wiedereinführung des Steppenökosystems hatte der Geologe und Klimaforscher Sergey Zimov im Jahre 1988. Doch erst acht Jahre später konnte er mit der Umsetzung beginnen. 1996 steckte Zimov zusammen mit seinem Sohn Nikita, ebenfalls Geologe, zunächst ein 10km² großes Areal ab. Sie erbauten einen Zaun um die ersten Tiere zu schützen und um sie am Weglaufen zu hindern. Die ersten Pflanzenfresser die im Park ein neues Zuhause fanden waren Jakutische Pferde und Elche.



Abbildung 4: Transport von Jakutischen Pferden in den Pleistozän Park

(Zimov, 2005- mit Erlaubnis des Urhebers)

In den Jahren 2004 und 2005 wurde ein größeres Areal erschlossen und auf die heutige Verbreitung von 160km² erweitert. Hierbei wurden die Zimovs von weiteren Helfern unterstützt, da für den Zaunbau die Pfähle bis zu zwei Metern Tiefe eingebracht werden mussten. Nach Fertigstellung des Zauns wurden die ersten Elche in den Park gebracht. Jeder Transport erfordert einen enormen Kraftaufwand, da die meisten Tiere aus weit entfernten Regionen Russlands in den Park gebracht werden müssen. Inzwischen befinden sich im Pleistozän Park sechs unterschiedliche Pflanzenfresser: Pferde, Elche, Wapitis,

Rentiere, Bisons und 2010 sind die ersten Moschusochsen in den Park eingezogen. Diese wurden von der 1000 km entfernten Insel Wrangel abgeholt. Die Moschusochsen sind die letzten Tiere die bisher in den Park gebracht wurden.



Abbildung 3: Moschusochsen im Pleistozän Park, 2013

(Zimov, 2010- mit Erlaubnis des Urhebers)

Bisher sind Rentiere die am weitesten verbreitete Tierart im Pleistozän Park. Sie leben in Herden von sieben bis 15 Tieren und genießen im Park bessere Lebensbedingungen als außerhalb. Zudem können auch freilaufende Tiere durch die Zäune in den Park hineingelangen. Da sie jedoch am Austritt gehindert werden, bleibt die Population der Rentiere stabil. Doch auch die anderen angesiedelten Pflanzenfresser fühlen sich wohl im Park.

Zukünftig ist geplant noch weitere Pflanzenfresser dort anzusiedeln und auch das Auswildern von natürlichen Räubern, wie beispielsweise dem sibirischen Tiger, wird in Betracht gezogen. Dies wird das Ökosystem dabei unterstützen die eigene biochemische Zyklusrate weiterhin zu stärken.

Um die Wirksamkeit des Projektes überprüfen zu können, wurde zudem am Rande des Parks ein Turm aufgestellt mit dessen Hilfe und adäquate Sensorik der Methan- und Kohlenstoffdioxidausstoß gemessen werden kann.



Abbildung 5: Mitarbeiter des Pleistozän Parks misst den Ausstoß von Methan und Kohlenstoffdioxid

(Zimov, 2010- mit Erlaubnis des Urhebers)

Abschließend lässt sich sagen, dass die Erschaffung eines neuen Ökosystems nicht von heute auf Morgen von staten gehen kann. Leider kann auch die Wirksamkeit des Projektes erst in einigen Jahren nachgewiesen werden.

Literatur

- Alexey Portnov, Andrew J. Smith et al.: *Offshore permafrost decay and massive seabed methane escape in water depths >20 m at the South Kara Sea shelf*. Band 40. GRL, 2013, S. 3962–3967
- Bryant JP, Provenza FP, Pastor, J, Reichardt PB, Clausen TP, du Toit JT (1991) *Interactions between woody plants and browsing mammals mediated by secondary metabolites*. Annu Rev Ecol Syst 22: 431–446
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K.. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp
- Pleistozän Park Homepage, Unter <http://www.pleistocenepark.ru/en/>, 09.12.2016
- U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force (2003): *Climate Change, Permafrost, and Impacts on Civil Infrastructure*. Special Report 01-03, U.S. Arctic Research Commission, Arlington, Virginia.
- Zimov, S.A., E.A.G. Schuur, and F.S. Chapin III (2006): *Permafrost and the Global Carbon Budget*, Science 312, 1612-1613

Curriculum Vitae

Xenia Engelhardt

Ausbildung:

- | | |
|-----------|--|
| 2011 | Abitur am Döchtbühl Gymnasium in Bad Waldsee |
| 2012-2016 | Bachelor-Studium des Maschinenbaus an der Hochschule Ravensburg-Weingarten |
| Seit 2016 | Master-Studium Umwelt- und Verfahrenstechnik Hochschule Konstanz |

Mikroplastik – eine unterschätzte Gefahr

Benjamin Hagel¹

¹ HTWG Konstanz, 78462 Konstanz, E-Mail: benjamin.hagel@htwg-konstanz.de

Abstract

About 300 million tons of all types of plastics are produced globally every year. The reasons for this enormous amount are the numerous advantages of plastics compared to other materials: It is durable, low cost, light, stable, easily processable and through its diversity it can be used for uncountable applications. However, the low cost leads to an overconsumption of plastics and the durability of plastic waste creates an increasing environmental problem. While larger pieces of plastic waste are easily visible, especially on beaches, smaller plastic waste contaminates the environment as well. These so called micro plastics can be found everywhere, even in alpine lakes, and due to their inconspicuousness, they were ignored for decades. In order to control this problem it is important to find the different sources of micro plastics and trace their pathway from the containment to the oceans via fresh water. Therefore Lake Constance, the largest freshwater lake in Germany, is used as an example to illustrate the different sources of containment and their impact, as well as possible solutions to prevent these.

Einleitung

Der Eintrag von sogenannten Mikroplastik-Partikeln stellte lange Zeit ein unterschätztes Problem dar. Seit einigen Jahren sensibilisieren NGOs die Verbraucher, um Veränderungen sowohl in der Politik als auch der Industrie zu erreichen. Die immer häufigeren Funde von Mikroplastik in Lebensmitteln sorgten in der jüngeren Vergangenheit aber auch für ein breites Medienecho. Der Erfolg dieser Bemühungen äußert sich in manchen Ländern in neuen Gesetzen und viele Hersteller haben inzwischen freiwillig einen Verzicht auf Mikroplastik zugestimmt. Diese freiwilligen Verzichtserklärungen werden aber nur teilweise umgesetzt. (BUND, 2016, S.11 ff)

Die Klassifikation der Plastikpartikel wird durch deren Größe bestimmt. So wird zwischen Makroplastik (>20 mm), Mesoplastik (zwischen 5-10 mm), großes Mikroplastik (2-5mm) und kleinen Mikroplastik-Partikeln (0,2-2mm) unterschieden. Noch kleiner als die Mikroplastik-Partikel sind die Nanoplastik-Partikel (1-100nm). Die Einteilung ist bis heute aber nicht fest definiert, vor einigen Jahren wurden sämtliche Partikel kleiner als 20 mm als Mikroplastik bezeichnet. (UBA, 2015, S. 10)

Weiterhin wird zwischen primären und sekundärem Mikroplastik unterschieden. Zum primären Mikroplastik gehören in der Industrie verwendete Basispellets und Granulate, die als Ausgangsstoff für die Herstellung von Kunststoffprodukten fungieren. Je nach Endprodukt wird mit verschiedenen Kunststoffen gearbeitet, unter anderem Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyethylenterephthalat (PET), Polyamid (Nylon), Polyvinylchlorid (PVC) und Ethylvinylacetat (EVA).

(UBA, 2015, S.14)

Auch Sandstrahlanlagen, Reinigungsmaschinen und Reinigungspasten nutzen primäre Mikroplastik-Partikel. In Kosmetik und Körperpflegeproduktion wird Mikroplastik als Peeling-Material eingesetzt, um eine besonders sanfte mechanische Reinigungswirkung zu erzielen. Durch die sich hier bietende, breite Einsatzmöglichkeit, finden sich die Mikroplastik-Partikel in einer Vielzahl von Produkten, oft auch in unerwartet hohen Mengenteilen. Diese Verwendungsmöglichkeit ist in der Gesellschaft sicherlich die bekannteste und so setzen auch viele der NGOs die sich mit der Problematik beschäftigen an diesem Punkt an, um Verbraucher über die Gefahren zu informieren.

Ein weiterer Eintrag erfolgt durch die Verwendung von Mikroplastik als Vektor in Arzneimitteln. Auch in Lacken und anderen Beschichtungen wird Mikroplastik verwendet, ebenso in Klebstoffen. (UBA, 2015, S.20-21)

Neben diesen primären Mikroplastikpartikeln gelangt sogenanntes sekundäres Mikroplastik in die Umwelt und folglich auch in den Wasserkreislauf. Sekundäres Mikroplastik entsteht durch physikalische (mechanische), chemische und biologische Degradation von größeren Plastikpartikeln, also Meso- und Makroplastik-Partikel. Abfälle wie Plastikflaschen oder Verpackungsmaterial gehört zu dieser Gruppe. Auch der Reifenabrieb ist dieser Gruppe zugehörig.

Eine weitere Quelle mit einem signifikanten Eintrag sind Fleece-Textilien und Mikrofaser Kleidungsstücke. Dazu gehören auch die immer beliebtere Funktions- und Sportkleidung. Beim Waschvorgang lösen sich kleine Fusseln und Fasern, die von den Filtern nicht zurückgehalten werden. (UBA, 2015, S.22 ff)

Gefahren durch Mikroplastik

Gerade die chemische Stabilität und die daraus resultierende Langlebigkeit wird bei der Einbringung von Plastik in die Umwelt zum Problem. Je nach Kunststoffsorte und den vorherrschenden Umweltbedingungen kann sich ein Abbau über mehrere hundert Jahre erstrecken. Zudem lagern sich an den Partikeln organische Schadstoffe wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB) oder das Insektizid Dieldrin (Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) an. (Miklos, 2016, S.28; Klein, 2015, S.12) Die hieraus resultierenden, langfristigen ökotoxikologischen Folgen lassen sich bisher nicht abschätzen, da noch zu wenig Datenmaterial vorliegt. Erste Untersuchungen über die Folgen der Aufnahme von Mikroplastik liegen für einige marine Invertebraten vor. (Duis, 2016, S.12 ff)

Wattwürmer übernehmen eine wichtige Funktion in ihrem Ökosystem, die der von Regenwürmern ähnelt. In Labortests konnte nachgewiesen werden, dass die Tiere

die einem bestimmten Prozentsatz Mikroplastik in ihren Becken ausgesetzt waren, dieses nicht von normalem Sand unterscheiden konnten. In Folge dessen nehmen die Wattwürmer die Mikroplastik Partikel auf, was sich negativ auf deren Verdauung auswirkt. Die Tiere nehmen anschließend deutlich weniger Nahrung zu sich und es kommt gehäuft zu Entzündungsreaktionen. Die Umweltgifte die sich auf den Partikeln anlagern, können sich je nach chemischer Beständigkeit im Körper der Tiere akkumulieren und schließlich so in die Nahrungskette gelangen. (Wright, 2013, S.487ff)

An der Hamburger Hochschule für Angewandte Wissenschaft gelang der Nachweis, dass sich an Mikroplastik die drei bis vierfache Menge an Giftstoffen im Vergleich zur unmittelbaren Umgebung anlagert. (HAW, 2016; Klein, 2015, S.53)

Mikroplastik wurde auch in Honig (Liebezeit 2015), Mineralwasser und Bier gefunden (LUBW, 2016, S.9) was vielfach in den Medien aufgegriffen wurde. Diese alarmierenden Befunde konnten aber vom Bundesamt für Risikobewertung (BfR) nicht unterstützt werden. Obwohl dort der Honig durch wesentlich feinere Siebe gepresst wurde, konnte keine Kontamination durch Mikroplastik-Partikel festgestellt werden. Auch für Biere und Mineralwasser konnte das BfR die Ergebnisse von (Liebezeit, 2015) nicht bestätigen. (BfR, 2015, S.1-3)

Bei aquatischen Lebewesen wie Fischen, Muscheln und Krebstieren kann eine Belastung von verschiedenen Untersuchungen bestätigt werden. Durch die Anlagerung im Verdauungstrakt ist insbesondere der Konsum von ganzen Schalentieren problematisch. Bei Fischen wird dieser üblicherweise vor dem Verzehr entfernt, bei Miesmuscheln hingegen nicht. Diese Kontamination beschränkt sich nicht auf einzelne Gebiete, es handelt sich um ein globales Problem und es gibt für zahlreiche Länder und Meere Studien. (EFSA, 2016, Seite 13ff)

Tabelle 1: Mikroplastik Belastung von Fischen (EFSA, 2016, S.15)

Vorkommen	Mikroplastik Belastung [Partikel/Fisch]
Nordpazifik	2.1 (5.8), (n=235)
Ärmelkanal	1,9 (0.1), (n=184)
Portugal	1.4±0.66 (n=52)
Kalifornien	2.03
Sulawesi	5.03
Ostsee	1-7, (n=16)

Sowohl das BfR als auch die European Food Safety Authority (EFSA) können aufgrund der unzureichenden Datenlage bisher keine gesamtgesundheitliche Bewertung durchführen. (BfR, 2015, S.4; EFSA, 2016, S.4)

Quantifizierung des Eintrages

Eine Quantifizierung des Eintrages ist immer mit Ungenauigkeiten verbunden, da für die verschiedenen Ein-

tragsarten bestenfalls Hochrechnungen möglich sind. Auch wenn eine solche Quantifizierung eher ungenau ist, ermöglicht sie trotzdem eine Abschätzungen das Verhältnis zwischen primären und sekundären Mikroplastikpartikeln betreffend, zudem kann geklärt werden durch welche Eintragswege tendenziell die höchste Belastung verursacht wird. In einem Gutachten des Umweltbundesamtes werden die verschiedenen Quellen in Hinblick auf den Eintrag in Deutschland und Europa genauer analysiert. Hierbei können folgende Werte für den Eintrag von primären Mikroplastikpartikeln in Deutschland ermittelt werden:

Tabelle 2: möglicher Eintrag von primärem Mikroplastik (UBA, 2015, S.30)

Einsatzbereich / Verwendung	Einsatzmenge[t/a]
Kosmetische Produkte	500
Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel in Privathaushalten	Keine Angaben
Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel in der Industrie	<100
Strahlmittel zum Entgraten von Oberflächen	<100
Anwendungen in der Medizin	Keine Angaben
Mikronisierte Kunststoffwachse in technischen Anwendungen	100.000
Verlust von Pellets	21.000 bis 210.000

Bei diesen primären Mikroplastikpartikeln ist eine Abschätzung, in wie weit diese in die Umwelt gelangen, sehr komplex. So werden die für Kosmetika verwendeten Partikel, sofern keine entsprechend ausgerüstete Kläranlage vorhanden ist, fast komplett in die Wasserwege eingetragen. Aufgrund der Umweltschutz-Vorschriften ist ein solcher, fast vollständiger Eintrag, bei den industriellen Anwendungen unwahrscheinlich. Für den möglichen Eintrag von sekundären Mikroplastik-Partikeln wird für Deutschland folgende Situation ermittelt:

Tabelle 3: möglicher Eintrag von sekundärem Mikroplastik (UBA, 2015, S.32)

Quelle	Eintrag [t/a]
Fragmentierung von Kunststoffabfällen	unbekannt
Reifenabrieb	60.000- 111.000
Freisetzung von Chemiefasern	80-400

Schätzungen zufolge gelangen jährlich zwischen sechs bis zehn Prozent der Kunststoffproduktion als Abfälle in die Weltmeere (UBA, 2015, S.32). Bezogen auf die Kunststoffproduktion in Europa wären das 3,4 bis 5,7 Millionen Tonnen. 2011 lag der Verbrauch von Kunststoffen in Deutschland bei 17,2 Millionen Tonnen. Wer-

den hierauf die sechs bis zehn Prozent Eintrag angewandt, kann eine ungefähre Eintrags-Masse von 1.032.000-1.720.000 Tonnen ermittelt werden.

Transport / Verbreitung von Mikroplastik

Mikroplastik existiert sowohl in marinen als auch limnischen Ökosystemen. Selbst in der Quelle des Rheins, dem Tomasee der auf 2345m liegt und vergleichsweise geschützt vor anthropogenen Einflüssen ist, finden sich Mikroplastik Partikel. (Projekt Rheines Wasser, 2015, Seite 3) Bislang gibt es für die Majorität der Gewässer keine Untersuchungen die quantitative und qualitative Belastung durch Mikroplastik betreffend. Ein Grund hierfür ist auch das Fehlen einer standardisierten Nachweismethode für Mikroplastik. Aktuell wird in einem von der EU geförderten Projekt diskutiert, wie ein Standardprotokoll zur Untersuchung von Meeren aussehen könnte. (Baseman Project EU, 2016)

Flüsse unterscheiden sich in ihrer Fließgeschwindigkeit, im Volumenstrom, in ihrer Unstetigkeit, im Strömungswiderstand, der Zusammensetzung des Flussbettes und der Bildung von Wasserschichten. Je nach Ausprägung dieser und weiterer Faktoren, setzen sich Partikel unterschiedlich schnell und in unterschiedlicher Konzentration ab. Durch die Heterogenität der Ablagerung wird bei Untersuchungen eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Gewässer erschwert. Wird die Mikroplastik Belastung von einer bestimmten Wassermenge ermittelt, müssen für eine Vergleichbarkeit dieselben Filterklassen verwendet werden und das Wasser aus einer bestimmten Position, Mitte des Flusses / bestimmte Wassertiefe, gewonnen werden. Werden entsprechende Maßnahmen nicht getroffen, wird nicht nur eine Vergleichbarkeit erschwert, sondern auch Missbrauch begünstigt.

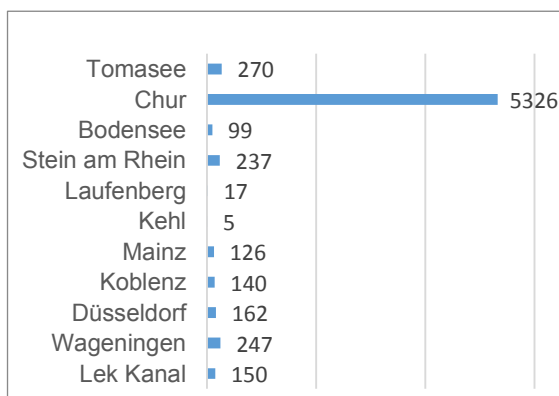


Abbildung 1: **Mikroplastik Teilchen pro 1000l** (eigene Grafik, Projekt Rheines Wasser, 2014, Seite 4)

Der Weg und die Konzentration der Mikroplastik Partikel von den Quellen des Bodensees über den Rhein bis zur Nordsee wurden im Forschungsprojekt *Rheines Wasser* näher untersucht. Im Tomasee finden sich hauptsächlich kleinste Fasern und Partikel, deren Herkunft auf einen

atmosphärischen Eintrag schließen lässt. Unkontrolliertes Abbrennen von Müll und nicht ausreichende oder fehlende Filterung in Industrieanlagen stellt die wahrscheinlichste Quelle für diese Partikel dar. Der im Vergleich zu den anderen Messungen extrem hohe Wert in Chur kann durch eine nähere Betrachtung der dortigen Gegebenheiten erklärt werden. Durch sehr starke Turbulenzen gibt es keine Wasserschichten. Es kann somit fast der komplette Wassertiefenquerschnitt abgebildet werden. Eine vorzeitige Dichteseparation der Mikroplastik Partikel ist hier beinahe ausgeschlossen, ebenso wie eine Ablagerung dieser. Es ist anzunehmen, dass in ruhigeren Abschnitten des Rheins und auch am Bodensee die große Differenz zu den Werten von Chur durch Ablagerung und ein weiteres Absinken von Mikroplastik Partikeln in tiefere Wasserschichten erklärt werden kann. Für die Messung wurde das Wasser ungefähr 15cm unterhalb der Wasseroberfläche entnommen. Dadurch werden zwar die Messungen an den einzelnen Abschnitten des Rheins vergleichbar, aber es wird nur ein kleiner Teil des Gewässerquerschnitts abgebildet, die unterschiedliche Dichte der Kunststoffe kommt erschwerend hinzu.

Tabelle 4: Dichte von Kunststoffen (Projekt Rheines Wasser, Jahr, S.3)

Kunststoff	Dichte [g/cm³]
Polypropylen (PP)	0,85-0,92
Polyethylen (PE)	0,88-0,98
Polyamid (Nylon)	1,01-1,16
Polystyrene (PS)	1,05-1,08
Polyvinylchlorid (PVC)	1,19-1,41
Polyurethane (PUR)	1,20-1,26

So ist es auch nicht weiter erstaunlich, dass die Kunststoffe mit der geringsten Dichte bei einer Analyse von Partikel <0,5mm über alle Messpunkte hinweg stark repräsentiert sind und 96,43% dieser ausmachen.

Tabelle 5: Quantifizierung der Mikroplastikpartikel (Projekt Rheines Wasser, Jahr, S.2)

Kunststoff	Anteil [%]
Polypropylen (PP)	79,35
Polyethylen (PE)	9,57
Polyamid (Nylon)	0,3
Polystyrene (PS)	3,88
Polyvinylchlorid (PVC)	3,33
Sonstige	3,57

Wird die Messung im Lek Kanal für eine Abschätzung des Mikroplastikeintrages verwendet, kann eine Eintragsmenge von 8 Tonnen/Jahr ermittelt werden (Projekt Rheines Wasser, 2014, S.7). Der tatsächliche Eintrag über den kompletten Wasserschichtenquerschnitt dürfte um ein vielfaches höher sein.

Lösungsansätze

Verfahren für vorhandenes Mikroplastik in Gewässern

Aufgrund der technisch anspruchsvollen Filterung von Mikroplastik aus Gewässern und der sehr langen Abbau-dauer, sollte die Vermeidung besonders stark gewichtet werden. Da auch von Seiten der Abfallwirtschaft keinerlei Interesse an den heterogenen Plastikpartikeln besteht, können sowohl die Wiederverwendung, als auch die Wiederverwertung als Triebfeder für spezielle Filtertechniken zur Gewinnung von Mikroplastik aus Gewässern jeglicher Art ausgeschlossen werden. Auch die aus Kläranlagen gefilterten Mikroplastik-Partikel dürften sich aufgrund ihres heterogenen Aufschlusses und der Verschmutzung höchstens für eine thermische/energetische Verwertung eignen. Kläranlagen sind in Deutschland größtenteils dreistufig aufgebaut, es werden mechanische, biologische und chemische Verfahren eingesetzt, um das Abwasser zu behandeln. In einer vierten Stufe werden Medikamentenspuren, Röntgenmittel und hormonell wirksame Stoffe aus dem Abwasser entfernt. (Fraunhofer UMSICHT, 2015) Das Fraunhofer Institut sieht in dieser Stufe ebenfalls großes Potential für ein Abscheiden von Mikroplastik. Hierfür würde sich ein Adsorptionsverfahren mit Aktivkohle anbieten. In Oldenburg kann durch eine Schlussfiltration mit einem Tuchfilter 97% der Mikroplastikfracht zurückgehalten werden (Mintening, 2014, S.36). Fehlt diese Filtertechnik, verbleibt ein Teil der Mikroplastik-Partikel im geklärten Abwasser, die Partikel die sich im Klärschlamm absetzen, werden bei landwirtschaftlicher Nutzung wieder in die Umwelt ausgebracht werden. Ohne eine entsprechende Förderung durch den Bund oder die Ländern, wird ein weiterer Ausbau der Filterstufen eher langsam ablaufen.

Reduzierung/Substitution von primären Mikroplastik-Partikeln

Die Vermeidung von primären Mikroplastik-Partikeln ist insbesondere bei Kosmetik und Körperpflegeproduktion schon heute durch Substitution mit alternativen, biobasierten Stoffen problemlos möglich. Im Rahmen von durch NGOs initiierten Selbstverpflichtungen entscheiden sich viele Hersteller gegen eine Verwendung von Mikroplastik innerhalb bestimmter Zeiträume (beat the microbead, 2016). Geeignete Stoffe müssen über ähnliche physikalisch-technische Eigenschaften verfügen, sie müssen sich den wirtschaftlichen Gegebenheiten folgend, in einem bestimmten Preisrahmen befinden und sollten die Herstellung der Produkte aus verfahrenstechnischer Sicht nicht erschweren. Aktuell wird an einer Reihe von Stoffen geforscht, im Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, und Energietechnik beispielsweise an Biowachsen (Fraunhofer UMSICHT, 2015, Biowachse). Diese werden aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen, können vergleichsweise schnell abgebaut werden und fallen teilweise als Nebenprodukte an. Andere Ansätze

sehen Sand, Salze, Mais oder geschrotete Walnusskerne als eine Alternative für die Verwendung von kleinen Polyethylen Partikeln an, mit denen ein abrasiver Reinigungseffekt erzielt werden soll (Miklos, 2016, S.16). Nylon-6 und Nylon-12 wird zur Regelung der Viskosität eingesetzt, Nylon-12 darüber zur Veränderung der Lichtdurchlässigkeit / Transparenz von Kosmetika. Hier könnte alternativ Cellulose verwendet werden. (BUND, 2016, S.10) Der BUND untersuchte im Hinblick auf diese Thematik 2014 und 2015 die Entwicklung von über 100 000 Kosmetikprodukten in Deutschland, die Ergebnisse fasst Tabelle 6 zusammen.

Tabelle 6: Prozentualer Anteil von Kosmetika mit Mikroplastik (BUND, 2016, S.13)

Einsatzzweck	2014	2015
Gesichtspeeling	33,9	30,4
Dekorative Lippenkosmetik	15,6	17,6
Körperpeeling	15,0	15,6
Dekorative Augenkosmetik	11,0	12,3
Make-Up-Produkte	7,9	8,3

Obwohl sich viele Kosmetika Hersteller in einer Selbstverpflichtung zu einem Verzicht von Mikroplastik bekennen, sinkt dessen Anteil nur im Bereich der Gesichtspeelings. In allen anderen vom BUND untersuchten Kategorien steigt der Anteil an Produkten, die Mikroplastik enthalten, sogar leicht an. Neben dem PE-Anteil und den oben genannten Kunststoffen werden noch viele weitere Kunststoffe, oft für den Verbraucher nicht direkt ersichtlich, verwendet. Die hier erhaltenen Zahlen lassen auch Zweifel an der Ernsthaftigkeit der freiwilligen Selbstverpflichtung aufkommen. Die Untersuchung des BUND rief folglich auch ein Medienecho hervor (NDR, 2016). Eine gesetzliche Regelung auf EU-Ebene wäre hingegen sicher effektiver. In den USA und Kanada wurde der Einsatz von Mikroplastik in Kosmetika bereits verboten (BUND, 2016, S.3)

Verbraucher die nähere Informationen zu Produkten suchen, können dank der App *Codecheck* schon während des Einkaufs einfach und schnell mit dem *Android* oder *iOS*-Smartphone überprüfen, was für Inhaltsstoffe enthalten sind. Die App kann Barcodes, EAN-Codes und QR-Codes erkennen und weist auf die Verwendung von Mikroplastik hin, was insbesondere dann nützlich ist, wenn diese Verwendung nicht offensichtlich ist (Codecheck, 2016).

Granulate / Pellets

Bei der Verwendung von primärem Mikroplastik als Granulat und Pellets gibt es innerhalb der Industrie erste freiwillige Selbstverpflichtungen. So unterzeichneten Unternehmen in Deutschland und Österreich einen zehn

Punkte Plan zur „Zero Pellet Loss“ Initiative der in vier Teilschritten initiiert wird (Zero Pellet Loss, 2015, S.1)

- Vorstellung eines Toolkits mit Postern, Video und Infomaterial für Mitgliedsunternehmen
- Einbeziehung der Pellet-Problematik in die Umwelt- und Produktverantwortungs-Leitlinien der Unternehmen
- Einbeziehung der Granulat-Verluste als Umwelt-Eintrag der Werke in die ISO 14001
- Ausweitung des Programms auf Logistik-Partner und in die Wertschöpfungskette (Handel, Verarbeiter)

Sekundäres Mikroplastik

Beim sekundären Mikroplastik gibt es signifikante Unterschiede die Möglichkeiten der Eintragseinschränkung betreffend. Der Eintrag durch Reifenabnutzung hängt stark von der Fahrweise und der Zusammensetzung des jeweiligen Fabrikats ab. In einem Test war ein schlechter Reifen nach 20000 km abgefahren, während ein Testsieger mit 37000 km fast die doppelte Strecke erreichte (WDR, 2014). Hier dürfte eine gesetzliche Regelung verbunden mit einer Mindesthaltbarkeit die effektivste Lösung darstellen.



Abbildung 2: Sekundäres Mikroplastik aus fragmentiertem Kunststoff (Bertling, 2015, S.3)

Der Eintrag durch Textilien und Mikrofasern im speziellen wäre durch eine verbesserte Filtertechnik in den Abflusssystemen der Waschmaschinen deutlich reduzierbar. Hier müsste aber auch auf die Verbraucherfreundlichkeit geachtet werden, andernfalls würde sich für die Hersteller eine Möglichkeit zur geplanten Obsoleszenz eröffnen, die nicht im Sinne eines nachhaltigen Handelns steht und heute in zahlreichen Produkten zu unnötig frühen Defekten führt. Als bekannte Beispiele sind hier Drucker, Flachbildfernseher und Mobiltelefone zu nennen. Aber auch bei Waschmaschinen gibt es zahlreiche Schwachstellen, die die Lebensdauer begrenzen (Schridde, 2016, S.26ff.). Der den Schätzungen zu folgend größte Anteil stellen aber die Kunststoff-Fragmente dar. Hier gibt es von Seiten der Politik bereits Bestrebungen wie das Pfand auf Einwegflaschen, welches aber nur in Teilen der EU erhoben wird. Eine zwischen dem Einzelhandel und der Bundesregierung beschlossene freiwillige Selbstver-

pflichtung, wonach Plastiktüten nicht mehr kostenlos, sondern nur für noch mindestens 20 Cent abgegeben werden dürfen, gilt heute als gescheitert. (Deutscher Bundestag, Fragerunde, 2016)

Aktuell werden in der gesamten EU im Schnitt pro Einwohner 198 Kunststofftüten pro Jahr verbraucht. Die EU gibt daher als Zielvorgabe für den Pro-Kopf-Verbrauch von Plastiktüten eine Menge von 90 pro Jahr bis 2019 an und ab 2025 40 Tüten pro Jahr. (EU Richtlinie, 2015, S.3) Es stellt sich aber die Frage ob dieser Pro-Kopf-Verbrauch nicht noch weiter begrenzt werden kann. In Irland wird auf Plastiktüten eine Steuer von 44 Cent erhoben, was zu einer Verbrauchsreduktion von über 90% führte (Umweltbundesamt, 2014, S.4). Andere Länder wie Rwanda oder Bhutan gehen in diesem Punkt noch weiter und verbieten den Einsatz von Plastiktüten komplett (ARD, 2014; Sonnenseite, 2016). Ein weiteres Problem stellen die Einwegverpackungen in der Gastronomie dar. Einwegkaffeebecher könnten mit einem Pfand belegt werden oder im Idealfall durch den Einsatz von Mehrwegbechern ersetzt werden. Im Falle des Eintrages von Kunststoff-Fragmenten werden so zwei Handlungsweisen denkbar, sowohl die bereits beschriebenen Möglichkeiten den Verbrauch von Plastikverpackungen allgemein zu senken, als auch stärkere Sanktionen beim achtlosen Wegwerfen von Müll. Als Musterbeispiel gilt der Stadtstaat Singapur. Das Wegwerfen von Müll wird mit Strafen in teils vierstelligen Eurobeträgen geahndet (FAZ, 2002). Alternativ werden Sozialstunden verhängt. Durch diese Maßnahmen gilt Singapur heute als sauberste Stadt überhaupt. Auch wenn die dort verhängten Strafen drakonisch wirken, muss doch konsterniert werden, dass dieses System sehr effektiv ist.

Zusammenfassung

Die Verschmutzung der Umwelt mit Mikroplastik lässt sich nicht isoliert von anderen anthropogenen Umwelteinflüssen betrachten. Der Eintrag kann nur einen gesamtgesellschaftliches Umdenken minimiert werden, hierbei sind in gleichem Maße Bürger, Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gefordert. Wo immer möglich sollten biobasierte Materialien statt Mikroplastik eingesetzt werden. Weiterhin müssen technische Verfahren entwickelt werden, die die Filterung erleichtern und effizienter machen. Um das schon vorliegende Maß an Verschmutzung besser untersuchen zu können, sollten die dafür verwendeten Untersuchungsmethoden standardisiert werden. Aufgrund der extrem langen Haltbarkeit von Kunststoffen ist der erforderliche Wandel in der Gesellschaft so schnell als möglich herbeizuführen. Zahlreiche Maßnahmen zur Begrenzung der Verschmutzung könnten von Seiten der Politik schnell beschlossen und umgesetzt werden. Jeder Monat, jedes Jahr ohne entsprechende Änderung sorgt für eine weiter ansteigende, langfristige Belastung der Ökosysteme.

Literatur

- Baseman Project EU, 2016. <http://jpi-oceans.eu/sites/jpi-oceans.eu/files/public/Press%20release/Short%20description%20BASEMAN.pdf>
- Beat the microbead. Selbstverpflichtung Kosmetika Hersteller <https://www.beatthemicrobead.org/de/industrie>, Abgerufen am 07.12.2016
- Bertling, Ralf, 2015. Mikroplastik in der aquatischen Umwelt, http://www.wwt-online.de/sites/default/files/fachartikel/wwt0315-20-23-bertling-e.indd_.pdf
- Bauer, Volker, 2015. Mikroplastik in Kläranlagen, http://bornermel.eu/tl_files/uploads/src/files/Teaserboxen/Bauer_Volker_Mikroplastik.pdf
- Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2016. Mikroplastik in Gewässern, http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_127_mikroplastik.pdf
- Bundesamt für Risikobewertung, 2015. Mikroplastikpartikel in Lebensmitteln, <http://www.bfr.bund.de/cm/343/mikroplastikpartikel-in-lebensmitteln.pdf>
- Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde, 2014. Stellungnahme Mikroplastik in Lebensmitteln, <https://www.bll.de/download/bll-stellungnahme-zu-mikroplastik-in-lebensmitteln>
- BUND, 2016. Mikroplastikstudie, http://corporate.codecheck.info/wpcontent/uploads/2016/10/Codecheck_Mikroplastikstudie_2016.pdf
- Codecheck App, 2016. <http://www.codecheck.info/>, Erhältlich für Android und iOS
- Deutscher Bundestag, 2016. Fragerunde, <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2016/kw15-fragestunde-meiwald/418108>, Abgerufen am 07.12.2016
- Duis K, Coors A, 2016. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects, Environmental Science Europe Journal, DOI:10.1186/s12302-015-0069-y
- European Food Safety Authority, 2016. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood, doi: 10.2903/j.efsa.2016.4501
- EU Richtlinie 2015/720, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32015L0720>
- Erstes Deutsches Fernsehen (ARD), 2014. Ruanda – Die Plastiktüten Polizei, Weltspiegel Beitrag, <http://www.daserste.de/information/politik-weltgeschehen/weltspiegel/sendung/wdr/131208-weltspiegel-110.html>, Abgerufen am 07.12.2016
- Faure et al., 2015. Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants, <http://dx.doi.org/10.1071/EN14218>
- FAZ, 2002. Selbst beim Müll lässt Singapur Strenge walten, <http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/muell-suender-selbst-beim-muell-laesst-singapur-strenge-walten-11284526.html>, Abgerufen am 07.12.2016
- Fraunhofer UMSICHT, 2015. Fraunhofer UMSICHT nimmt Stellung: Thema Mikroplastik, <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/nachhaltigkeit/Fraunhofer-UMSICHT-Positionspapier-Mikroplastik.pdf>
- Fraunhofer UMSICHT, 2015. Vierte Reinigungsstufe: Stand und Aussicht, <http://www.initiative-mikroplastik.de/index.php/themen/4-reinigungsstufe>, Abgerufen am 07.12.2016
- Fraunhofer UMSICHT, 2015. Mikroplastik in Kosmetikprodukten und Biowachse als mögliche Alternative, <http://www.initiative-mikroplastik.de/index.php/themen/substitution>, Abgerufen am 07.12.2016
- HAW Hamburg, 2016. Schadstoffbelastung durch Plastik-Giftcocktails im Sediment höher als erwartet, <https://www.haw-hamburg.de/news-online-journal/newsdetails/artikel/schadstoffbelastung-durch-plastik-giftcocktails-im-sediment-hoehere-als-erwartet.html>, Abgerufen am 07.12.2016
- Holm et al., 2013. Mikroplastik – Ein unsichtbarer Störenfried, Biologie unserer Zeit 1/2013, DOI: 10.1002/biuz.201310497
- Initiative Zero Pellet Loss, 2015. <https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/TransportVerkehr/Gueterbefoerderungsgewerbe/Zero-Pellet-Loss.html>
- Klein, Sascha, 2015. Microplastics in Freshwater Systems: Analysis, Occurrence, and Sorption of Organic Contaminants, Dissertation, <https://core.ac.uk/download/pdf/35213070.pdf>

Kreuzinger, Norbert, 2015. Mikroplastik in der aquatischen Umwelt – Rolle der Kläranlagen, Technische Universität Wien

Liebezeit, Gerd et al., 2015. Origin of Synthetic Particles in Honeys, DOI: 10.1515/pjfn-2015-0025

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2015. Mikro-Kunststoffe: Grundlagen und Sachstand, http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/254486/mikro_kunststoffe.pdf?command=downloadContent&filename=mikro_kunststoffe.pdf

Ingenieurbüro Rummler + Hartmann, 2015. Möglichkeiten der Elimination anthropogener Mikroschadstoffe in der Kläranlage Saerbeck, https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmresearchprojects/Machbarkeitsstudie_Saerbeck_Abschlussbericht.pdf

Magnusson et al., 2016. Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment – A review of existing data, <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2016/mikroplaster/swedish-sources-and-pathways-for-microplastics-to-marine%20environment-ivl-c183.pdf>

Miklos, David, 2016. Mikroplastik: Entwicklung eines Umweltbewertungskonzepts – Erste Überlegungen zur Relevanz von synthetischen Polymeren in der Umwelt, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_32_2016_mikroplastik_entwicklung_eines_umweltbewertungskonzeptes.pdf

Mintening et al., 2014. Mikroplastik in ausgewählten Kläranlagen des OÖV in Niedersachsen, http://www.dwa-bayern.de/tl_files/_media/content/PDFs/LV_Bayern/Abschlussbericht_Mikroplastik_in_Klaeranlagen-3.pdf

Napper et al., 2015. Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.029>

Norddeutscher Rundfunk, 2016. Mikroplastik weiter in Kosmetik, TV-Beitrag Panorama 3, <http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/panorama3/Gefahrliches-Mikroplastik-tatenlose-Industrie,mikroplastik242.html>

Projekt Rheines Wasser, 2014. Der Rhein ist eine Plastikmühle, <http://www.rheines-wasser.eu/wp-content/uploads/2016/10/Mikroplastikergebnisse.pdf>

Schridde, Stefan, 2014. Geplante Obsoleszenz, https://www.gruene-bundestag.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/r18-018_obsoleszenz.pdf

Somborn-Schulz, Annette, 2015. Mikroplastik - Übersichtsvortrag, FRAUNHOFER Umsicht, http://www.bwknrw.de/aktuelles/downloads/20150423_SombornSchulz_BWK_Landeskongress_2015.pdf

Sonnenseite, 2016. Keine Plastiktüten mehr – Vorbild Ruanda, Bangladesch und Bhutan, <http://www.sonnenseite.com/de/wirtschaft/keine-plastiktueten-mehr-vorbild-ruanda-bangladesh-bhutan.html>, Abgerufen am 07.12.2016

Umweltbundesamt (UBA), 2015. Quellen für Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_63_2015_quellen_fuer_mikroplastik_mit_relevanz_fuer_den_meeresschutz_1.pdf

Umweltbundesamt, 2013. Plastiktüten, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/4453.pdf>

Umweltbundesamt Österreich, 2015. Mikroplastik in der Umwelt, Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf, <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0550.pdf>

WDR, Kleine Anfrage, 2014. Was passiert mit dem Gummiabrieb der Reifen?, <http://www1.wdr.de/radio/wdr5/sendungen/leonardo/reifenabrieb100.html>, Abgerufen am 07.12.2016

Curriculum Vitae

Benjamin Hagel

Ausbildung

2008	Abitur am Carl-Laemmle-Gymnasium Laupheim
2009-2014	Bachelor-Studium Energiesysteme, Kooperationsstudiengang Hochschule Ulm und Hochschule Biberach, Abschluss B.Eng., Erwerb der Zusatzqualifikation Umwelt und Technik
Seit 2016	Master-Studium Umwelt- und Verfahrenstechnik, Hochschule Konstanz und Hochschule Weingarten

Nachhaltigkeit im Wintersport – Die Alpenkonvention als Chance

Tom Kernatsch¹
Felix Herrmann²

¹ HTWG Konstanz, 78462 Konstanz, E-Mail: tom.kernatsch@htwg-konstanz.de

² HTWG Konstanz, 78462 Konstanz, E-Mail: felix.herrmann@htwg-konstanz.de

Abstract

Due to the mass tourism, small Alpine villages evolve into huge winter sport resorts. The ski tourism, combined with the construction of infrastructure, artificial snow systems and CO₂ emissions, is difficult to join up with sustainability. Environmental pollution and changes in the landscape are unavoidable. Some ski resorts have recognized this development and are trying to counteract it through sustainable projects. Nonetheless, government intervention is essential. The Alpine Convention has created a European international legal basis for sustainable spatial planning. The Bavarian Alpine Plan acts as a protective instrument in Germany. Protection zones with different development conditions have been created for this purpose. The Alpine Plan has existed for 44 years and will now be mitigated for the first time by the Bavarian State Cabinet. Conservationists and conservationist organisations fear a precedent.

Einleitung

Nachhaltigkeit im Tourismus wird immer wichtiger, da Großregionen wie der Alpenraum von einem Nutzungskonflikt betroffen sind. Einflüsse der globalisierten Welt, mit einer Internationalen Wirtschaftsgemeinschaft und der transalpinen Mobilität, belasten Naturlandschaften durch intensive touristische Nutzung und Infrastrukturtrassen. (Wolf, 2016) Aus diesem Grund haben die Alpenstaaten Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich, Schweiz, Monaco, Lichtenstein und Slowenien bereits im Jahr 1991 die Alpenkonvention (AK) unterschrieben. Eine Grenzüberschreitendes „Übereinkommen zum Schutz der Alpen“ wurde beschlossen, welches 1995 in Kraft trat. Die bedeutendste Bergregion Europas soll geschützt, aber auch Nachhaltig entwickelt werden. (Bayrisches Staatsministerium / Umwelt und Verbraucherschutz, 2016) Die Ratifizierung der AK in der heutigen Form erfolgte 2002 und beinhaltet 8 Fachprotokolle, sowie ein Protokoll zur Streitbeilegung. Durch die Ratifizierung ist sie Bestandteil des in Deutschland geltenden Rechts.

Inhalte und Ziele der Alpenkonvention

Der Geltungsbereich der Konvention wird im ersten Artikel erläutert. Das Schutzgebiet beträgt demnach ca. 190.000 km² mit ca. 13 Millionen Einwohnern und 5934 Gemeinden. (Schröder, 2006) Außerdem ist die Region mit Jährlich 120 Millionen Gäste ein sehr attraktives Tourismusziel.

Durch die AK wurde das Gebiet der Alpen zum ersten Mal rechtsverbindlich festgelegt. Die Abgrenzung orientiert sich an Höhenlagen über 700 Meter, Vegetationszonen und geologischen Kriterien. (Schröder, 2006)

Das Ziel der Alpenkonvention ist die Verpflichtung der Vertragsparteien zu einer ganzheitlichen Politik zur Erhaltung und zum Schutz der Alpen. Unter Beachtung des Vorsorge-, des Verursacher- und des Kooperationsprinzips. Die Interessen der Alpenstaaten, der alpinen Regionen sowie der Europäischen Union müssen ausgewogen betrachtet werden und unter umsichtiger und nachhaltiger Nutzung der Ressourcen erfolgen. Die Konvention soll außerdem die grenzüberschreitende Zusammenarbeit stärken.

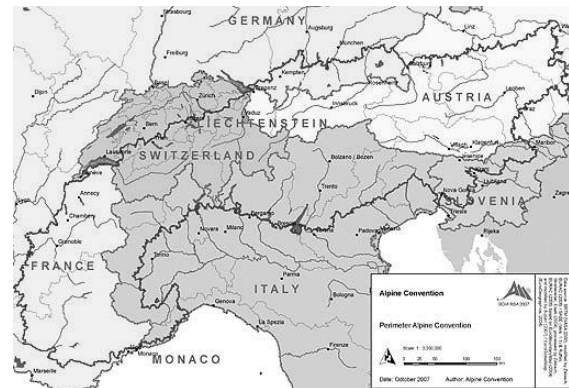


Abbildung 1: Definierter Alpenraum

Quelle: www.europaregion.info 2016

Autor: Alpine Convention

Konkret beschreibt die Konvention folgende Gebiete:

- **Bevölkerung und Kultur**
Sicherstellung der Lebensgrundlagen der ansässigen Bevölkerung, Erhaltung und Förderung der Kulturellen und gesellschaftlichen Eigenständigkeit, umweltverträglichen Besiedelung und wirtschaftlichen Entwicklung
- **Raumplanung**
Vermeidung von Über- oder Unternutzung sowie der Erhaltung und Wiederherstellung von natürlichen Lebensräumen
- **Luftreinhaltung**
Verminderung von Schadstoffemissionen und Schadstoffbelastungen im Alpenraum, auf ein Maß, das für Menschen, Tiere und Pflanzen nicht schädlich ist.
- **Bodenschutz**
Verminderung der quantitativen und qualitativen Bodenbeeinträchtigung, durch Anwendung bodenschonender Land- und Forstwirtschaftlicher Produktionsverfahren, sparsamer Umgang mit Grund und Boden, Eindämmung von Erosion sowie Beschränkung der Versiegelung von Böden.
- **Wasserhaushalt**
Gesunde Wassersysteme zu erhalten oder wiederherzustellen.

- **Naturschutz und Landschaftspflege**
Die Erhaltung der Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensräume, die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Leistungsfähigkeit der Naturgüter sowie Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Natur und Landschaft in ihrer Gesamtheit muss dauerhaft gesichert werden.
- **Tourismus und Freizeit**
Einschränkung umweltschädigender Aktivitäten, die touristischen und Freizeitaktivitäten mit den ökologischen und sozialen Erfordernissen in Einklang zu bringen, insbesondere durch Festlegung von Ruhezeiten,
- **Verkehr**
Belastungen und Risiken im Bereich des inneralpinen und alpenquerenden Verkehrs auf ein Maß zu senken, das für Menschen, Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume erträglich ist, unter anderem durch eine verstärkte Verlagerung des Verkehrs, insbesondere des Güterverkehrs, auf die Schiene, vor allem durch die Schaffung geeigneter Infrastrukturen
- **Energie**
Eine natur- und landschaftsschonende sowie umweltverträgliche Erzeugung, Verteilung und Nutzung der Energie durchzusetzen und energieeinsparende Maßnahmen zu fördern
- **Abfallwirtschaft**
Mit dem Ziel, unter besonderer Berücksichtigung der Abfallvermeidung eine den besonderen topographischen, geologischen und klimatischen Bedürfnissen des Alpenraumes angepasste Abfallerfassung, -verwertung und -entsorgung sicherzustellen (Alpenkonvention, 2016)

Um die Rahmenbedingungen des Völkerrechtlichen Vertrags zum Schutz der Alpen zu diskutieren finden regelmäßig Alpenkonferenzen statt. Das bedeutendste Beobachtungsorgan fungiert die **CIPRA** (*Commission Internationale pour la Protection des Alpes*). Welche auch federführend bei der Ausarbeitung der AK war. Für die Umsetzung sind allerdings die Länder zuständig. Sie besitzt also einen „self-executing“-Charakter.

Landesraumordnung der Bundesregierung

Entstehung und Geltungsbereich

Schon 1972 wurde in Deutschland im Zuge des Landesentwicklungsprogramms Bayerns ein **Alpenplan** beschlossen, der heute für die Umsetzung und Einhaltung des internationalen Abkommens (AK) sorgt. Der Alpenplan musste nur geringfügig angepasst werden, oft erreichen die Vorgaben der AK sogar nicht ganz die des Alpenplanes. Der Geltungsbereich beschränkt sich auf das Bayerische Bundesland, mit rund 5,84% der Gesamtfläche des Anwendungsgebietes der AK. (Bundesministerium für Umwelt,

Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2004) Andere Bundesländer der Bundesrepublik Deutschlands gehören nicht zum definierten Alpenraum.

Einführung von Schutzzonen

Um die Raumansprüche der Tourismusbranche mit traditionellen Landnutzung in Einklang zu bringen und gleichzeitig ökologisch wertvolle Flächen im alpinen Raum intakt zu halten wurde der Alpenraum in drei Schutzzonen unterteilt. Die unterschiedlichen Schutzzonen regeln die infrastrukturelle Erschließung. Dies betrifft Straßen, Seilbahnen, Skilifte, Skipisten, Hotels und andere Verkehrsinfrastrukturelle Projekte. Diese Projekte müssen Landesplanerisch evaluiert werden. (Job & Mayer, 2013).

Die Zonen A, B und C:

- **Schutzzone A**
Sie umfasst ca. 35% der Gesamtfläche. Hier sind weitere Erschließungen prinzipiell möglich, müssen allerdings auf Raum- und Umweltverträglichkeit geprüft werden.
- **Schutzzone B**
Sie umfasst ca. 23% des Bayrischen Alpenraumes. Hier sind Verkehrserschließungen nur unter Berücksichtigung eines strengen Maßstabes möglich.
- **Schutzzone C**
Sie ist die größte Zone mit insgesamt 43% der Alpenfläche. In dieser empfindlichen Zone ist jegliche technische Erschließung untersagt. Mit Ausnahmen nötigster Maßnahmen wie Alm- und Forstwege. Sie ist die Ruhezone.
Sie sind heute bedeutende Schutzzonen für Flora und Fauna und attraktive Ziele für Natursportler und Erholungssuchende

„Der Alpenplan hat als raumplanerisches Zonierungsinstrument erfolgreich dem Erschließungsdruck des Massenskitourismus standgehalten. Gleichzeitig hat er eine bedeutende Verbesserung des Schutzes sensibler hochalpiner Bereiche bewirkt, was gerade in Zeiten des Klimawandels von unschätzbbarer Bedeutung ist“ (Himmighoffen, 2015).

Erschließung Riedbergerhorn

Dass beide Instrumente, die AK und der Alpenplan, die beide dem Schutz und der nachhaltigen Entwicklung des Alpenraums dienen, miteinander korrelieren scheint eklatant. Kommt es allerdings zum Konflikt zwischen Tourismus und Naturschutz können auch andere Aussagen getätigt werden. „Die völkerrechtlichen Regelungen der Alpenkonvention stehen in keinem Zusammenhang mit den Festlegungen der Schutzzonen durch den Alpenplan“ (Kreuzer, 2016). Herr Kreuzer sieht den Alpenplan als ein bayrisches Instrument und sieht den Bund nicht in der Pflicht. Hier wird Stellung genommen zur umstrittenen Erschließung am Riedbergerhorn. Und tatsächlich stellt der Alpenplan nur ein landesplanerisches Instrument da.

Seit Herbst 2014 laufen Planungen im Oberallgäu die Ski-gebiete Grasgehren und Balderschwang durch eine Skischaukel zu verbinden. Dies wäre allerdings ein Eingriff in die Zone C, des im bayrischen Landesplanungsgesetz verankerten Alpenplans. Seit 44 Jahren existiert dieses Planungsinstrument und verhinderte schon damals eine Erschließung des Riedbergerhorns. Viele Naturschützer haben Angst vor einem Präzedenzfall. So verabschiedete der Deutsche Alpenverein (DAV) auf seiner Hauptversammlung 2016 eine Resolution zur Bewahrung des Alpenplans. „Die Hauptversammlung des Deutschen Alpenvereins fordert die Bayerische Staatsregierung auf, den Alpenplan zum Schutz des bayerischen Alpenraums nicht zu verändern!“ und weiter heißt es in der Resolution „Der Alpenplan darf keinesfalls, weder heute noch in Zukunft, wirtschaftlichen Belangen geopfert und in seiner strengen Zonierung aufgeweicht werden.“ Eine Öffentliche Debatte erörtert zum jetzigen Zeitpunkt ob nach über 40 Jahren eine erstmalige Änderung der Schutzzone C zulässig ist. Die Gegner der Skischaukel sehen die Gefahr, dass der gesamte Alpenplan in Frage gestellt wird. Als Folge könnte Naturschutz, wirtschaftlichen Interessen, untergeordnet werden und der Weg für andere Erschließungsvorhaben geebnet werden (Deutscher Alpen Verein, 2016).

Die Befürworter des Projektes, verweisen darauf, dass das Plangebiet nur etwa 150 Hektar umfasst. Was 0,08% der Gesamtfläche der Zone C des Alpenplanes betreffen würde. (Jauß, 2016). Markus Söder, bayerischer Staatsminister für Finanzen, Landesentwicklung und Heimat, CSU möchte den Bau der Skischaukel auf dem Gipfel des Riedberger Horn genehmigen. „Der Alpenraum ist kein Denkmal, keine Verbotzone. Der heutige Landtag hat das Recht und die Pflicht, jedes Mal erneut zu überprüfen, was die Landesentwicklung bedeutet.“

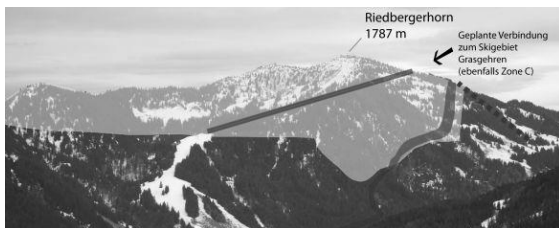


Abbildung 2: **Geplante Skischaukel**
Quelle: <http://www.alpenverein.de> 2016

Im Folge einer Bürgerbefragung der beiden betroffenen Gemeinden Balderschwang und Obermaiselstein, die sich klar für eine Erschließung des Riedbergerhorns aussprach, bei der letztlich 1125 Wähler stimmberechtigt waren (Bayrischerrundfunk, 2016), wurden laut Herr Söder ein Verfahren zur Änderung des Alpenplan eingeleitet. (Süddeutsche Zeitung, 2016). Naturschützer sehen ihre Befürchtungen, dass ein Präzedenzfall geschaffen wird bestätigt. Außerdem kritisieren sie, dass die meisten Wahlberechtigten selbst finanziell vom Projekt profitieren und der Umwelt und Landschaftsschutz außeracht gelassen wird. Gegner drohen mit rechtlichen Überprüfungen. Grünen-

Landtagsabgeordneter Ulli Leine sieht die völkerrechtliche Vereinbarung der AK gebrochen. Außerdem wird hinterfragt, ob ein Neubau einer Skischaukel am Riedbergerhorn (Höhe: 1.787 Meter) im Hinblick auf den Klimawandel ein wirklich nachhaltiges Tourismuskonzept ist.

Tourismus verbraucht Ressourcen, und ist auf eine möglichst intakte Natur und Umwelt angewiesen. Das Riedbergerhorn war bisher aufgrund der Schutzzone C „Ruhezone“ ein sehr gutes Beispiel für einen „sanften“ Tourismus. Viele Naturfreunde versuchen die natürlichen Gegebenheiten unverfälscht zu erleben und ihre Aktivitäten umweltverträglich zu gestalten. Das Riedbergerhorn war bisher ein Paradies für Skitouren und Schneeschuhwanderungen. Umso verwunderlicher ist es, dass ein naturverträgliches Tourismuskonzept, dass parallel zum normalen Wintertourismus der Liftanlagen Grasgehren und Balderschwang existiert eliminiert werden soll. Natürlich ist der Tourismus, gerade im Alpenraum, ein bedeutender Wirtschaftszweig

Dennoch müssen die Effekte auf Natur und Landschaft durch den Bau von Verkehrs- und Infrastruktureinrichtungen, sowie des Reiseverhaltens und der touristischen Aktivität der Reisenden berücksichtigt werden (Bundesamt für Naturschutz, 2016).

Auswirkungen des Wintersports auf den Alpenraum

Seit Mitte der 50er Jahre nimmt der Massentourismus und die damit verbundene Möglichkeit der sportlichen Betätigung in den Alpen immer weiter zu. Mit dem fortschreitenden Ausbau der Infrastruktur –Liftanlagen –Hotels –Straßen war der Raum für den Wintertourismus geschaffen. Die Reaktion der Alpenorte auf die Mengen an Touristen war die räumliche Ausdehnung und der Bau riesiger Wintersport Zentren wodurch die Nutzung des Tourismus zum Hauptwirtschaftszweig der Bergregionen wurde.

Für Wintersport begeisterte Touristen und die Wirtschaft der Alpendörfer hat dieser Wandel enorme Vorteile, jedoch hat die Intensivierung des Tourismus im Alpenraum auch nachhaltig die Besiedlung und Kultur verändert. Besonders schwerwiegend sind die ökologischen Auswirkungen auf den alpinen Naturraum, welche die Grenzen mancherorts bereits überschritten haben. Unübersehbar sind die negativen Effekte des Massentourismus auf das hoch empfindliche Ökosystem. Die Liste der ökologischen Schäden ist lang und oft haben wenige Eingriffe bereits fatale Folgen für Mensch und Umwelt. Dabei sind die mechanischen Einwirkungen wie Verdichtung, Versiegelung und Erosion des Bodens durch den Bau von Straßen, Hotels, Liftanlagen und der Präparation der Pisten nur ein Faktor der sich langfristig auf die Vegetation der Tier- und Pflanzenwelt sowie das Landschaftsbild auswirkt. Durch den Klimawandel und den dadurch ausbleibenden Schneefall geht der Trend in den Skigebieten immer weiter hin zur

künstlichen Beschneigung. Diese ist mit einem großen Ressourceneinsatz und mit zusätzlicher Beeinflussung des Bodens verbunden. Mit dem steigenden Verkehr erhöhen sich die Lärm- und Abgasemissionen um ein Vielfaches. Dieser Aspekt macht den größten Anteil der CO₂-Emission beim Wintersport aus (Ellrich, 2003).

Einseitig betrachtet lassen sich Klimaschutz, ökologische Nachhaltigkeit und Wintersport erst einmal nicht miteinander vereinbaren. Die wirtschaftlichen Interessen der Anlagenbetreiber, die Forderungen der Wintersport-Touristen und der Umweltschutz stehen zu sehr in Konkurrenz. Es ist eine große Herausforderung diese Kluft zu bewältigen. Noch stecken die Bemühungen diesbezüglich weitestgehend in den Kinderschuhen jedoch können sowohl die Skigebiete als auch jeder einzelne Wintersport Begeisterte vieles tun um diese Problem zu lösen. So können beispielsweise Liftanlagen mit eigens gewonnenem Ökostrom, aus Photovoltaik oder Wasserkraftwerken, betrieben werden oder Alpenorte komplett PKW frei gestaltet werden.

Vom Alpendorf zum wirtschaftlichen Zentrum

Vor der Entdeckung des Wintersports waren viele der heutigen Wintersportzentren einfache Bergdörfer deren einzige Einnahmequelle die Landwirtschaft war. Durch den wachsenden Tourismus und dessen Bedeutung hat dieser die Arbeits- und Lebensbedingungen grundlegend verändert. In den ländlichen und hochalpinen Gebieten ist der Tourismus gar existenziell geworden. In einer Vielzahl von Berggemeinden hat der Fremdenverkehr Wohlstand gebracht und ist gegenwärtig der wichtigste Wirtschaftszweig. Diese einseitige Entwicklung hat jedoch zur ökonomischen Abhängigkeit geführt, wobei alternative Entwicklungsmöglichkeiten kaum Potenzial besitzen. Ergänzt von Landwirtschaft, der Nutzung als Wasserreservoir und Transitkorridor, sind die Alpen, ökonomisch betrachtet, als Freizeitraum umfunktioniert worden. In vielen Alpen-Gemeinden liegt der Anteil des Fremdenverkehrs an der wirtschaftlichen Gesamtwertschöpfung bei über 80 % (Ellrich, 2003).

Reiseverkehr verursacht den meisten CO₂ – Ausstoß

Bei der Berechnung der CO₂-Emission eines Skiurlaubs müssen die Beschneigung, die Pistenpräparation, der Anlagenbetrieb und die Reise berücksichtigt werden. Misst man den durchschnittlichen CO₂-Fußabdruck bei einem einwöchigen Skiurlaub so entstehen 75 Prozent der CO₂-Emissionen durch die An- und Abreise sowie die Mobilität vor Ort. Beschneigung, Pistenpräparation und Liftanlagen fallen – je nach Größe des Skigebiets – mit fünf bis acht Prozent vergleichsweise gering aus, Restaurants und Hotels machen den Rest (Hutsteiner, 2015).

Laut einer Studie des Deutschen Alpenvereins (DAV) reisen über 71% der deutschen Winterurlauber mit dem PKW in die Alpen, lediglich 17% nutzen die öffentlichen Verkehrsmittel. Hauptgründe für die Fahrt mit dem PKW sind nach Ansicht der Bergsportler mangelnde Mobilität vor Ort, schlechte Erreichbarkeit der oft entlegenen Bergregionen sowie die fehlende Unabhängigkeit bei einer Anreise mit der Deutschen Bahn.

Die mittlere Distanz für An- und Abreise beträgt bei Tagestouren 144 km, bei Mehrtagestouren 472 km und bei längeren Aufenthalten über 650 km. Laut der DAV-Mobilitätsumfrage unternimmt ein durchschnittlicher Bergsportler jährlich insgesamt gut 18 Tagestouren, weitere 4 Mehrtagestouren sowie durchschnittlich 1,4 Aufenthalte von länger als 7 Tagen. Hochgerechnet legt das durchschnittliche DAV-Mitglied für seine Bergsportaktivitäten somit ca. 5.456 km im Jahr zurück. Bei dem oben beschriebenen Verkehrsmix ergibt sich dabei eine durchschnittliche Gesamtemission von 537,9 kg CO₂ pro Jahr – 82,5% davon entstammen der Pkw-Anreise (DAV, 2015). Laut dem Umweltbundesamt liegt der jährliche CO₂-Ausstoß eines Deutschen bei ca. 11,5 Tonnen (Umweltbundesamt, 2015). Somit fallen knapp 5% unserer jährlichen CO₂-Emission auf die Anreise in den Winterurlaub.

Bei der Mobilität besteht demnach ein enormes Einsparpotential. Es gibt bereits verschiedene Ansätze zur Verminderung der CO₂-Emission wie z.B. die 2006, von 17 Mitgliedsorten, gegründeten Alpine Pearls. Dies war ein Ergebnis der zwei EU-Projekte Alps Mobility und Alps Mobility II. Beide gehen auf die Initiative des Österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zurück. Der Schwerpunkt lag hier auf der Schaffung innovativer, nachhaltiger und klimaschonender Tourismus-Angebote. Von 2007 bis 2016 wurden weitere neue Mitglieder aufgenommen, die auf Klimaschutz und nachhaltigen Urlaub Wert legen. Heute gibt es 25 Perlen der Alpen in sechs Ländern die auf sanfte Mobilität setzen, wobei eine autofreie Anreise mit Bahn oder Bus gewährleistet wird sowie eine volle Mobilitätsgarantie, z.B. mit Elektrobussen, vor Ort (Alpsmobility, 2008).

Strategien zur Minderung der CO₂-Emission

Der im März 2009 verabschiedete Aktionsplan zum Klimawandel der Alpenkonferenz enthält Strategien zur Minderung und Anpassung in den Bereichen Tourismus und Verkehr. Dabei steht die Senkung der CO₂-Emissionen welche durch Tourismusaktivitäten entstehen im Vordergrund (Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention, 2013).

Folgende Punkte sind die wichtigsten Maßnahmen die im Bereich Tourismus umgesetzt werden sollen:

- Ausarbeitung eines regelmäßigen Umweltaudits und Berücksichtigung Vergabe von Genehmigungen und/oder öffentlichen Zuschüssen
- Förderung der Anbindung der Tourismusorte

- durch umweltfreundliche Verkehrsmittel
- Grenzüberschreitende Angebote für öffentlichen Verkehr und Vereinfachung für Urlauber
- Unterstützung der Verkehrs- und Tourismusunternehmen bei der Erstellung von praktischen Informationen über sanfte Mobilitätsangebote.
- Harmonisierung der Schulferienterminen zur Begrenzung der Auswirkungen von Spitzenzeiten und des Ausbaus von Infrastrukturen

Künstliche Beschneigung - eine Folge des Klimawandels

Der alpine Wintertourismus ist so eng wie kein anderer mit dem Klima verknüpft. Durch den Klimawandel ist die global gemittelte Temperatur der Erde in den letzten 100 Jahren um fast 1°C angestiegen. Das Jahr 2014 war weltweit das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1880. Im Alpenraum steigt die Temperatur deutlich schneller. Die Erwärmung fiel in den letzten Jahren bis zu 3-mal höher aus als im weltweiten Durchschnitt von ca. 0,9°C. Die Klimaerwärmung ist in Abbildung 3 am Beispiel der Jahresmitteltemperatur der Schweiz eindeutig nachweisbar. Die Zahl der Frosttage ist deutlich zurückgegangen und die Nullgradgrenze ist in allen Jahreszeiten angestiegen. Die Neuschneesummen sowohl als auch die Anzahl Tage mit einer Schneehöhe von mind. 5 bzw. 30 cm haben zwischen 1961 und 2011 deutlich abgenommen (Hamberger & Doering, 2015, S. 8).

Im Sommer zeigen sich die Folgen am schnellen Abschmelzen der Gletscher und an der Zunahme von Muren und Bergstürzen. Im Winter ist es das Ausbleiben von Schneefällen und Frosttagen, welche die Schneesicherheit in den Alpen gefährden. (Hamberger & Doering, 2015).

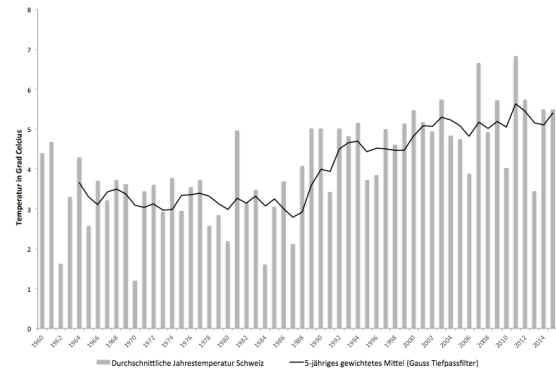


Abbildung 3: Durchschnittliche Jahresmitteltemperaturen der Schweiz,

Quelle: Eigene Darstellung angelehnt an MeteoSchweiz, 2014

"Schneesicherheit" gilt noch immer als wichtigstes Werbeargument für Wintersportorte. Damit wird dem Wintergast bei seiner Urlaubsplanung versprochen, dass er zuverlässig Skifahren kann. Um das Prädikat „schneesicher“ zu erhalten, muss Schnee in der Zeit vom 1. Dezember bis 15. April an mindestens 100 Tagen und in einer Stärke von etwa 30 – 50 cm liegen. Dies sollte in sieben von zehn Wintern der Fall sein. (Hamberger & Doering, 2015). Wenn man diese 100-Tage-Regel zu Grunde legt sind heute 91% der in Skigebiete in den Alpen schneesicher. Sollte die Klimaerwärmung weiter fortschreiten sinkt dieser Wert, laut einer Studie der OECD, bis ins Jahr 2100 auf 30%. Folgende Tabelle zeigt die Entwicklung der Schneesicherheit in den Alpen. Um diesem Trend entgegen zu wirken ist der Einsatz von Kunstschnee die am weitesten verbreitetste Anpassungsstrategie.

Tabelle 1: Zahl der natürlich schneesicheren Skigebiete unter zukünftigen Klimabedingungen auf nationaler Ebene

Land	Anzahl Skigebiete	Schneesicher heute		+1°C (≈2025)		+2°C (≈2050)		+4°C (≈2100)	
		Absolut	in %	Absolut	in %	Absolut	in %	Absolut	in %
Deutschland	39	27	69	11	28	5	13	1	0
Frankreich	148	143	96	123	83	96	64	55	37
Italien	87	81	93	71	81	59	67	21	24
Österreich	228	199	87	153	67	115	50	47	20
Schweiz	164	159	96	142	86	129	78	78	47
Total	666	609	91	500	75	404	60	202	30

Quelle: Eigene Darstellung angelehnt an (Abegg, 2012, S.30)

Beschneite Flächen in den Alpen

Seit es die technische Möglichkeit zur künstlichen Schnee-erzeugung gibt, steigt die Anzahl der beschneiten Pisten exponentiell an. Dies belegen Zahlen aus einer Statistik der französischen Direction du Tourisme von 2004 welche in Abbildung 2 dargestellt sind. Der Kurvenverlauf kann bis heute extrapoliert werden.

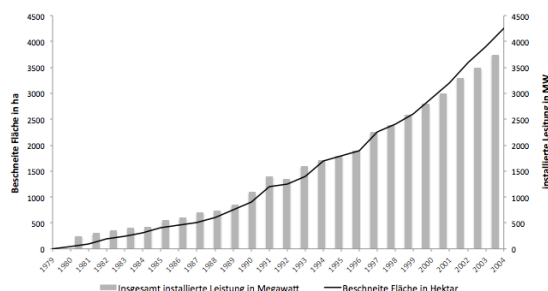


Abbildung 2: Künstlich Beschneite Flächen in Frankreich

Quelle: Eigene Darstellung angelehnt an (OECD, 2007, S.45)

Tabelle 2 gibt einen Überblick über das Ausmaß der künstlichen Beschneigung im Alpenraum. Nur wenige Alpenländer veröffentlichen diesbezüglich aktuelle Daten. Aufgrund der schlechten Datenlage können keine genaueren Zahlen genannt werden, jedoch schätzt der Bund-Naturschutz dass bis Ende 2014 ca. 70.000 Hektar Pisten (ca. 70%) im Alpenraum künstlich beschneit sind.

Tabelle 2: Beschneite Flächen nach Ländern

Land	Pistenfläche in ha	Beschneibar in ha	in %
Schweiz ⁽²⁰¹⁷⁾	22.439	9.200	41
Österreich ⁽²⁰⁰⁹⁾	25.400	17.780	70
Deutschland ⁽²⁰¹⁵⁾	7.300	723	20
Italien ⁽²⁰¹²⁾	22.500	15.750	70
Frankreich ⁽²⁰¹¹⁾	26.500	7.000	26
Lichtenstein ⁽²⁰¹⁵⁾	138	82,8	60
Slowenien ⁽²⁰¹¹⁾	1.200	900	75
Gesamt	101.877	53.436	52

Quelle: Eigene Darstellung angelehnt an Hamberger & Doering, 2015

Wasser und Energieverbrauch

Beim Wasser und Energieverbrauch der künstlichen Beschneigung handelt es sich nicht um Marginalien. Das Land Tirol veröffentlichte im Kunstschnee-Szenario 2012 Daten die das Ausmaß der technischen Beschneigung veranschaulichen. „6270 Fußballplätze, aneinander gereiht zu einem 70 Meter breiten und 660 Kilometer langen weißen Band

von Wien bis Bregenz, durchgehend mit einem Meter Schnee bedeckt - das ist die Dimension der im Wasserbuch des Landes Tirol zur Beschneigung ausgewiesenen Flächen“ (Universität Innsbruck, 2012).

Die folgende Tabelle zeigt den ungefähren Wasser- und Stromverbrauch für die Beschneigung eines Hektars Piste pro Jahr im Vergleich zu dem entsprechenden Jahresverbrauch eines durchschnittlichen Vier-Personen-Haushalts in Deutschland.

Tabelle 3: Vergleich der Verbrauchsdaten

Verbrauch	Pro 4-Personen Haushalt	Pro ha beschneiter Piste	Alpenweit für die Beschneigung
Wasser [m3]	200	4'000	95 Mio.
Strom [kWh]	4'500	25'000	600 Mio.

Quelle: Eigene Darstellung angelehnt an Hahn, 2014

Auswirkungen der Beschneigung auf die Umwelt

Die ökologischen Folgen von Beschneiungsanlagen sind vielfältig und teilweise umstritten. Dabei wird der massive Eingriff in die Natur durch den Bau der Anlagen oft vernachlässigt. Durch umfangreiche Baumaßnahmen von Speicherseen sowie der Verlegung von Strom-, Wasser- und Luftleitungen geschieht ein Eingriff in das Ökosystem und in den Lebensraum der Bergtiere.

Auch der Kunstschnee an sich greift in die Natur ein. Er enthält im Gegensatz zum Naturschnee doppelt so viel Wasser und hat eine andere kristalline Struktur was ihn deutlicher schwerer macht. Dadurch wird der Druck auf den Boden größer was zusätzlich zur Pistenpräparation der Bodenverdichtung beiträgt. Zudem werden dem Kunstschnee diverse Chemikalien wie z.B. Ammoniumnitrat zugesetzt um den Gefrierpunkt des Schnees herabzusetzen. Dadurch können die Pisten auch bei höheren Temperaturen befahren werden. Nach dem Abschmelzen des Kunstschnees im Frühjahr gelangen diese Chemikalien in den Boden. Noch ist nicht genau geklärt welche Auswirkungen diese auf die Vegetation haben. Befürworter von Beschneiungsanlagen sehen darin eine zusätzliche Nahrungsquelle für den Boden wodurch sich dieser schneller regenerieren kann. Dagegen spricht, dass sich der Bewuchs dahin gehend verändert dass Pflanzen mit hohem Nährstoffbedarf dominieren, was das sensible Gleichgewicht der Natur stören könnte und ungewollte Nebeneffekte auftreten können.

Einige Skigebiete wie z.B. das Schatzalp-Strela-Skigebiet in Davos setzen bereits konsequent auf eine Entschleunigung. Das Gebiet verzichtet bewusst auf den Einsatz von Kunstschnee und wirbt mit reinem Naturschnee.

Nutzenpotentiale für das Skigebiet

Durch die Alpenkonvention wurde ein europäisches Übereinkommen zum Schutz der Alpen geschaffen, welches als Grundlage der Erhaltung des Naturraums in den Alpen dient. Zusätzlich ist es die Aufgabe jedes einzelnen Skigebiets die Nachhaltigkeit voranzutreiben und umzusetzen. Nachhaltigkeit im Skigebiet heißt nicht zwangsweise wirtschaftliche Einbußen. Folgende Argumente sind Nutzenpotentiale die Skigebiete aus einem nachhaltigen Betrieb erzielen können.

- **Wettbewerbsvorteile** (Imagegewinn bei der Bewerbung von Wintergroßveranstaltungen und bei umweltbewussten Wintersportler/innen)
- **Kostenreduzierung** (z.B. durch Einsatz von Erneuerbaren Energien)
- **Risikominimierung von ökologischen Langzeitschäden** (z.B. durch Verzicht auf Beschneisanlagen)
- **Verbesserung der Organisation** (z.B. im Verkehrssektor durch Einsatz von öffentlichen Verkehrsmitteln)

Literatur

- Abegg, B. (2012). Natürliche und technische Schneesicherheit in einer wärmeren Zukunft. *Forum für Wissen*.
- Alpenkonvention. (2016). *Alpenconv.org*. Von Artikel2: <http://www.alpenconv.org/de/convention/framework/default.html#Artikel2> abgerufen
- Alpsmobility. (2008). *ALPS MOBILITY II – Alpine Pearls: Eine umweltverträgliche Reise durch die Alpen*. Abgerufen am 13. 11 2016 von http://www.alpsmobility.net/frames/main_3_de.htm
- Bayrischerrundfunk. (23. Sep. 2016). *br.de*. Von schwaben: <http://www.br.de/nachrichten/schwaben/inhalt/riedberger-horn-buergerentscheid-100.html> abgerufen
- Bayrisches Staatsministerium / Umwelt und Verbraucherschutz. (11. Nov 2016). *stmuv bayern*. Von <http://www.stmuv.bayern.de/ministerium/eu/zusammenarbeit/alpenkonvention/> abgerufen
- Bundesamt für Naturschutz. (6. Dez 2016). *www.bfn.de*. Von Naturverträglicher Tourismus: http://www.bfn.de/0323_tourismus.html abgerufen
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. (2004). *Alpenkonvention konkret / Ziele und Umsetzung*. 11055 Berlin.
- DAV. (01. 12 2015). *Wie wir Bergsportler in die Berge kommen...* Abgerufen am 25. 11 2016 von http://www.alpenverein.de/natur-umwelt/mobilitaet/ergebnisse-der-dav-mobilitaetsumfrage_aid_16102.html
- Deutscher Alpen Verein. (12. Nov 2016). DAV. Von Resolution zur Bewahrung des Alpenplanes: http://www.alpenverein.de/natur-umwelt/resolution-alpenplan_aid_28556.html abgerufen
- Deutscher Alpenverein. (kein Datum). Zum Schutz der Bayerischen Alpen.
- Ellrich, M. (2003). *Infoblatt Alpentourismus*. Leipzig: Klett.
- Hahn, F. (2014). *Künstliche Beschneigung im Alpenraum*. CIPRA-International.
- Hamberger, S., & Doering, A. (2015). *Der gekaufte Winter*. München: Gesellschaft für ökologische Forschung.
- Himmighoffen, C. (12. März 2015). *Cipra*. Von Alpenplan am Riedberger Horn gefährdet: <http://www.cipra.org/de/news/alpenplan-am-riedberger-horn-gefaehrdet> abgerufen
- Hutsteiner, R. (12. 30 2015). *science.ORF.at*. Abgerufen am 22. 11 2016 von <http://science2.orf.at/stories/1765859/index.html>
- Jauß, U. (11. Nov 2016). *Schwäbische Zeitung*. Von Hektarverschiebung für Skischaukel am Riedberger Horn: http://www.schwaebische.de/region/bayern/artikel,-hektarverschiebung-fuer-skischaukel-am-riedberger-horn-_aid,10567399.html abgerufen
- Job, H., & Mayer, M. (2013). *Der Alpenplan - eine raumplanerische Erfolgsgeschichte*. Hannover: ARL.
- Kreuzer, T. (22. Aug. 2016). *CSU-Fraktion im Bayrischen Landtag*. Von Pressemitteilung: <https://www.csu-landtag.de/index.php?ka=1&ska=4&idd=1154#.WDbevn0cQ6E> abgerufen
- MeteoSchweiz. (2014). *MeteoSchweiz*. Abgerufen am 20. 11 2016 von <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/gegenwart/klima-verlauf.html>
- OECD. (2007). *Klimawandel in den Alpen Anpassung des Wintertourismus und des Naturgefahrenmanagements: Anpassung des Wintertourismus und des Naturgefahrenmanagements*. OECD Publishing.

Schröder, D. W. (2006). Die Alpenkonvention - Inhalt und Konsequenzen für das nationale Umweltrecht. *Natur und Recht*.

Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention. (2013). *Nachhaltiger Tourismus in den Alpen - Alpenzustandsbericht*.

Süddeutsche Zeitung. (29. Nov 2016). *SZ.de*. Von Kabinett beschließt Plan für Riedberger Horn: <http://www.sueddeutsche.de/bayern/skischaukel-kabinett-beschliesst-plan-fuer-riedberger-horn-1.3271821> abgerufen

Umweltbundesamt. (06. 05 2015). *Europäischer Vergleich der Treibhausgas-Emissionen*Europäischer. Von <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/europaeischer-vergleich-der-treibhausgas-emissionen> abgerufen

Universität Innsbruck. (2012). *Tirolatlas*. Von <http://tirolatlas.uibk.ac.at/topics/tourism/data.py/wis> abgerufen

Wolf, R. (2016). Die Alpenkonvention. *Natur und Recht*.

Curriculum Vitae

Tom Kernatsch

Ausbildung:

2011	Abitur am Gymnasium Isny im Allgäu
2011-2012	Deutsches Rotes Kreuz Rettungsdienst Bodensee-Oberschwaben GmbH
2012-2016	FH Weingarten/ Physikalische Technik Studienrichtung Energie- und Verfahrenstechnik
Seit 2016	Master-Studium der Umwelt- und Verfahrenstechnik an der HTWG Konstanz

Felix Herrmann

Ausbildung:

2010	Abitur am Schönbuch-Gymnasium in Holzgerlingen
2010-2011	Zivildienst im Kreiskrankenhaus Herrenberg
2011-2015	Bachelor Studium der Verfahrens- und Umwelttechnik an der HTWG Konstanz
Seit 2016	Master-Studium der Umwelt- und Verfahrenstechnik an der HTWG Konstanz

Agrarwirtschaft in Deutschland: Probleme und Lösungsansätze

Julian Indlekofer¹

¹ HTWG Konstanz, 78462 Konstanz, E-Mail: Julian.Indlekofer@gmx.de

Abstract

Agriculture affects each of us in our daily live. Everyone has already wondered about to buy organic foodstuff or products from conventional agriculture. Largely the price is the most influential factor and a lot of people don't ponder about the background and consequences of respective cultivation method. For some people it is also an issue, that organic food is classified as more healthy and less polluted. But there are a lot of other things to consider comparing organic and conventional agriculture methods.

In the following, a review to the problems of conventional agriculture and solution approach due to sustainable alternatives should be given and suggested.

Ecological aspects, but also social-economical points of view were critically examined and assessed based on examples to constitute an ideal and sustainable agriculture for the future.

Einleitung

Das Leitbild der Bundesregierung bezüglich der Agrarwirtschaft umfasst „attraktive, lebenswerte und vitale ländliche Räume und eine nachhaltige, ökologisch verantwortbare, ökonomisch leistungsfähige und multifunktional ausgerichtete Land-, Forst-, und Fischereiwirtschaft“ (BMEL, 2015, S.8). Die konventionelle Agrarwirtschaft kann unserer Gesellschaft diese Idealvorstellung momentan nicht liefern, denn dies ist allein mit konventionellen Anbaumethoden nicht realisierbar und 2014 lag der Anteil an biologisch bewirtschafteten Flächen in Deutschland bei nur ca. 6,4 % (UBA, 2015a).

In erster Linie trägt die Landwirtschaft seit jeher maßgeblich zur Lebensmittelversorgung bei und liefert nebenbei auch einen Beitrag zur Energieversorgung. Jahrzehnte mit der eng verknüpften Forstwirtschaft und seit einigen Jahren im Speziellen im Bereich der Bioenergieerzeugung. Dies birgt neue Chancen und Märkte für die Landwirtschaft, aber auch neues Konfliktpotential zwischen Lebensmittel- und Energieversorgung. Flächennutzungs- & Preiskonkurrenz sind dabei die Hauptprobleme. Im Folgenden wird allerdings nur auf Aspekte der Landwirtschaft als Nahrungsmittellieferant eingegangen.

Hier gibt es weitreichende ökologische Bedenken besonders bezüglich des Chemikalieneinsatzes der konventionellen Agrarindustrie.

In dieser Arbeit sollen diese Probleme und Möglichkeiten nachhaltiger Alternativen diskutiert werden.

Probleme der konventionellen Agrarwirtschaft

Eine Hauptursache für die Probleme der konventionellen Agrarwirtschaft ist das Bestreben immer produktiver zu werden. Problematisch wirkt sich darauf das bestehende Konfliktpotential mit den natürlichen Ökosystemen aus beispielsweise mit Vögeln, Insekten oder pflanzlichen Schädlingen, sowie Extremwetterereignisse, wie Hagel, Starkregen oder Trockenperioden.

Gegen alle oben genannten Störgrößen hat die Agrarwirtschaft Gegenmaßnahmen entwickelt. Der Einsatz von Schreckschusswaffen gegen Vögel ist seit Jahrzehnten Gang und Gäbe im Weinbau. Obstplantagen werden oft mit Hilfe von Netzen gegen Vogelbiss und Hagelschäden ausgestattet. Auch chemische Maßnahmen gegen Hagel in Form von Hagelfliegern oder Hagelraketen werden zur Vermeidung von Schäden eingesetzt.

Am weitgreifendsten und problematischsten ist hier allerdings der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln, der zwar in der Konventionellen Landwirtschaft seit jeher Praxis ist, dessen Komplexität und mengenmäßige Ausbreitung aber in den letzten Jahrzehnten extrem angestiegen ist. Diese Eingriffsmöglichkeiten haben auch den massivsten Einfluss auf unsere Natur. Durch übermäßigen Düngemiteleinsatz könnten Gewässer veralgen und im schlimmsten Falle ganze Fischpopulationen aussterben. Insektizide werden als mitverantwortlich für das Bienensterben gehandelt. Aber auch für Menschen können Gefährdungen durch konventionell betriebene Landwirtschaft entstehen. In Frankreich werden beispielsweise u.a. Krankheiten wie Parkinson als Berufskrankheiten von Landwirten, die mit Pestiziden gearbeitet haben, anerkannt (Haalck, 2013, S.55).

Ökologische Probleme

Die Agrarwirtschaft ist einer der größten Einflussfaktoren auf unsere Umwelt, da sie sowohl Wasser- und Bodensourcen nutzt, als auch Schadstoffe, z.B. in Form von Pestizide, Fungizide, Herbizide, Düngemittel und vielem mehr, in die Ökosysteme entlässt.

Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel enthalten Wirkstoffe, die auf bestimmte Organismen toxische Wirkungen haben und somit auch für den Menschen schädlich sein können. Aus diesem Grund werden sie von der EU vor ihrer Erstzulassung getestet und Rückstandshöchstgehalte werden festgelegt. Diese werden in der Regel mit einem Sicherheitsfaktor von 100 bzgl. einer möglicherweise bestehenden Gesundheitsgefahr festgelegt. Auch nach der Zulassung bestehen unterschiedliche Kontrollmechanismen für Herstellung, Umgang und Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln.

Laut Nationaler Berichterstattung „Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln“ überschritten 2014 3,9 Prozent der 14.511 getesteten Proben auf Pflanzenschutzmittel die gesetzlichen Grenzwerte (BVL, 2015a, S.8). Ein großes Problem ist allerdings, dass bei weitem nicht alle Proben auf alle Wirkstoffe bzw. Einsatzstoffe getestet werden können, da die Liste der zugelassenen Mittel 276 Wirkstoffen und 776 Mitteln umfasst (BVL, 2015b, S.6). Außerdem finden fast alle Kontrollen bei größeren Supermarktketten statt, die auch eigene Qualitätskontrollen durchführen, und kleinere Händler fallen größtenteils durch das Raster. Auch wenn die Verstoßquote niedrig liegt, ist dadurch eine repräsentative Kontrolle aller Agrarprodukte auf alle Pflanzenschutzmittel im Moment in Deutschland nicht gegeben.

Ein komplettes Verbot von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland, hin zum Land der ökologischen Landwirtschaft, wäre utopisch. Nachteile der Preiserhöhung und sinkender Qualität deutscher Produkte wären eventuell verkraftbar, aber unter Berücksichtigung, dass ca. 60% unseres Gemüses und ca. 80% unseres Obstes aus dem Ausland importiert werden (BMEL, 2016, S.5), lässt sich an der Sinnhaftigkeit zweifeln.

Beispiel Glyphosat:

2014 wurden in Deutschland 106.155 Tonnen Pflanzenschutzmittel (BVL, 2015b, S.9) abgesetzt (exklusive Chemikalien mit Doppelwirkung als Pflanzenschutz- & Düngemitteln). Neben Kohlendioxid als Wirkstoff, haben Schutzmittel mit der Hauptwirkstoffkomponenten Glyphosat hier den größten Anteil (BVL, 2015b, S.14) (ca. 5500 Tonnen Reinstoff (Steinmann, Theuvsen & Gerowitt 2016)). Glyphosat kam 1974 auf den Markt. Mittlerweile wird der Einsatz dieser Chemikalie allerdings zunehmend kritisch beurteilt, (Steinmann, Theuvsen & Gerowitt 2016). Ein Expertengremium der WHO hat zwar im Juni 2016 seine Einschätzung Glyphosat sei „wahrscheinlich krebserregend“ zurückgenommen, dennoch sind die Auswirkungen hier noch nicht abschließend geklärt (BfR, 2016, S.2). Diese Glyphosatproblematik führt vor Augen, dass eine möglicherweise höchst schädliche Chemikalie über einen Zeitraum von über 40 Jahren in extrem hohen Mengen fast weltweit Verwendung fand.

Chemische Düngemittel

Düngemittel sind in der heutigen konventionellen Agrarwirtschaft ein sehr wichtiges Betriebsmittel. Besonders bei Monokulturen oder nicht-wechselgliedriger Bepflanzung ist der Einsatz von Düngemitteln unabdingbar. Hampicke schreibt hierzu: „Dies gilt jedoch nicht für den Dauerbetrieb. Ein permanenter Winterroggenanbau ganz ohne Düngung besitzt weder überzeugende historische Vorbilder (vgl. Kap. 2.2), noch ist er auf längere Sicht denkbar. Nährstoffentzüge müssen ausgeglichen werden“ (Hampicke, 2005, S.138).

Beispiel Nitratverschmutzung:

Ein daraus resultierendes Problem stellt der allgemein zu hohe Nitratgehalt auf den meisten landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland dar. Dieser resultiert zum Großteil aus der zu intensiven Gülleausbringung vieler landwirtschaftlicher Betriebe. Grund hierfür ist oft ein zu großer Tierhaltungsanteil gegenüber der landwirtschaftlichen Nutzfläche. In Niedersachsen mit seiner Vielzahl an großen Viehbetrieben ist diese Problematik am extremsten (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie & Klimaschutz, 2016). Für die Landwirte stellt die Ausbringung fast immer die günstigste Art der Entsorgung dar, selbst wenn kein zusätzlicher Bedarf zur Düngung besteht.

Nitrat, das eigentlich für Menschen ungefährlich ist, aber bei Umwandlung zu Nitrit Toxizität entwickelt, ist natürlich im Grundwasser enthalten. Laut Bayerischem Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit können Nitratkonzentrationen bis zu 25 mg/l natürlichen Ursprung haben (Lepper & Lessig 2012). Der gesetzlich festgelegte Grenzwert beträgt 50mg/l (BMG & BMEL 2016). Doch mittlerweile wurden auf Grund von Eutrophierung Werte um 200 mg/l gemessen; z.B. in Weinanbaugebieten an der Mosel und in Franken, sowie in Gemüseanbauregionen bei Bornheim (Schöler & Schulze-Röbbecke 1987).

2010 waren 14% der 723 Messstellen des EUA-Grundwassermessnetzes grenzwertüberschreitend belastet und somit zur Trinkwassernutzung nichtmehr geeignet (UBA, 2015b).

Gesellschaftliche & Ökonomische Probleme

Neben den ökologischen Aspekten spielen auch die gesellschaftlichen Ansprüche an die Landwirtschaft eine extrem wichtige Rolle. Immer weiter steigende Produktivität wird den landwirtschaftlichen Betrieben abgefordert, aber auch die Produktansprüche der Kunden steigen, was einer der Hauptgründe für intensiven Pflanzenschutz ist; doch der Anteil der Ausgaben für Lebensmittel an den Gesamtausgaben pro Person sinkt seit Jahren. Viele Konsumenten sind auf konventionell angebaute Lebensmittel aus dem Ausland umgestiegen, dabei liegt in der regiona-

len- und überregionalen Landwirtschaft großes Wertschöpfungspotential. Positive Folgen sind beispielsweise kürzere Transportwege und Wirtschaftsimpulse im ländlichen Raum.

Mittlerweile hat sich die Agrarwirtschaft aber auch in der Energieversorgung als Eduktlieferant für Bioenergie Marktanteile verschafft. Hierbei entstehen neue Konflikte zwischen Lebensmittel- und Energieversorgung, die es gilt nachhaltig zu lösen.

Wichtig ist das allgemeine Bewusstsein, dass in erster Linie nicht nur die Produkte aus biologischer, ökologischer und nachhaltiger Landwirtschaft besser oder gesünder sind, sondern vor allem Ressourcen und die Natur im Allgemeinen geschont werden, was einen erheblichen Mehrwert für die Allgemeinheit generiert, welcher sich bei den Produzenten nicht direkt ökonomisch auszahlt.

Nachhaltige Alternativen

Im Folgenden soll dargestellt werden wo vor allem produzentenseitig, aber auch vom Konsumenten ausgehend, Alternativen zum aktuell existierenden System bestehen.

Das Hauptaugenmerk liegt dabei nicht nur auf Qualität und Quantität der Produkte, sondern auch in besonderer Weise auf einer nachhaltigen Produktionsmethoden.

Mehrgliedrige Bepflanzung an Stelle von Monokulturen

Besonders beim Ackerbau ist es ohne großen Mehraufwand möglich die Produktsaat durch mehrgliedrigen Bepflanzungsrhythmus jährlich zu wechseln. Bereits in der antiken und frühmittelalterlichen Zeit gab es eine Zweifelderwirtschaft, im Mittelalter schon eine Dreifelderwirtschaft. Heutzutage nutzen moderne Bio-Betriebe oft siebengliedrige Bepflanzungsrhythmen.

Sinnvolle Fruchtfolgen können den Humusgehalt im Boden signifikant erhöhen. Bastian schrieb hierzu: „Der Pflanzenbau früherer Zeit bewirkte durch das Nebeneinander und ein geeignetes Nacheinander vieler Kulturpflanzen auch in der Agrarlandschaft eine Vielfalt.“ (Hampicke, 2005, S. 153). Ausgewogene Nährstoff- und Humusbilanz konnten durch geeignete Fruchtfolgen mit organischer Düngung realisiert werden.

Schwieriger realisierbar ist dies bei mehrjährigen Kulturpflanzen wie Weinreben und Obstbäumen. Hier ist ein monokultureller Anbau unumgebar. Dennoch kann durch passende wechselgliedrige Bepflanzung eine möglichst ökologische Einbettung der Kultur in die Naturlandschaft erfolgen (**siehe Abb.1**). So werden natürliche Düngung und integrierter Pflanzenschutz in gewissem Maße möglich. Außerdem können Streuobstwiesen aus

demselben Grund mit unterschiedlichen Baumarten bepflanzt werden.

Ein Glied der wechselgliedrigen Wirtschaftsweise kann in regelmäßigen Abständen die Gründüngung sein. Darunter versteht man den Anbau von Pflanzen auf einer bewirtschafteten Fläche zur gezielten Bodenverbesserung oder – Regenerierung, meist ohne es später als Produkt verkaufen zu können. Die Gründüngung kann eine oder mehrere unterschiedliche Pflanzenarten beinhalten und wird normalerweise zu einem geeigneten Zeitpunkt gemulcht, gepflügt oder gewalzt, um eine Einbringung in den Boden zu ermöglichen.



Abbildung 1: Gründüngungsbewuchs der Fahrgasse eines Weinberges

Gründüngung besitzt eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber der Düngung mit mineralisch-synthetischen Substraten (Renius, Lütke-Entrup & Lütke Entrup 1992). So wird beispielsweise durch den Anbau von Gründüngepflanzen das Brachliegen des Ackers oder des Feldes verhindert. Dies wirkt sich abschwächend auf das Auftreten von Bodenerosion aus, dämpft Temperaturschwankungen des Bodens und den Mikroorganismen im Boden wird ein Lebensraum zur Verfügung gestellt. Außerdem können Verschlämmung, Verkrustung oder Verdichtung verhindert werden.

Im ökologischen Ackerbau werden zur Düngung, neben Stallmist und Gülle, oft Pflanzen als Zwischenfrucht oder Gründüngung genutzt, die Stickstoff aus der Luft binden können. Diese werden als Leguminosen bezeichnet. Viele Hülsenfrüchte, wie z. B. Erbsen und Bohnen, aber auch viele Klee-Arten und –Unterarten besitzen diese Fähigkeit, indem sie Symbiosen mit stickstoffumwandelnden Bakterien eingehen (Klatt, 2008, S.3). So ist es möglich dem Acker den Hauptsubstratbestandteil Stickstoff auf möglichst natürliche Weise zuzuführen. Hierbei muss allerdings erwähnt werden, dass auch diese Art der Stick-

stoffdüngungen, im extremen Masse angewandt oder in Verbindung mit übermäßiger Gülleausbringung, zu Nitratverseuchung des Bodens bzw. des Sicker- und Grundwassers führen kann.

Integrierter & Biologischer Pflanzenschutz

Integrierter Pflanzenschutz, wie er im Biolandbau betrieben wird, beinhaltet die Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln durch möglichst geschickte Kombination von schonenderen Verfahren. Dies kann durch den Einsatz von Nützlingen geschehen. Das Beuteschema der meisten Marienkäferarten umfasst beispielsweise viele Pflanzenschädlinge wie Blattläuse, Milben und sogar einzelne Pilze. Viele dieser natürlichen Nützlinge können mittels Pheromone angelockt werden. Außerdem können auch Schädlinge in sogenannte Pheromonfallen gelockt werden.

Diese Art des Pflanzenschutzes, in der ökologischen Landwirtschaft in Verbindung mit extensive Bodennutzung, erfordert allerdings ein erhöhtes Maß an Wissen (Heitefuss, 2000, S.309). Da es aber historisch gesehen, vor allem in der Zeit vor dem Einsatz chemischer Zusatzstoffe in der Landwirtschaft, bereits einen sehr fundierten Wissensstand diesbezüglich gab, ist diese Art der Kultivierung durchaus realisierbar.

Ökonomisch kann integrierter Pflanzenschutz folglich im Optimalfall Sinn machen, obwohl Ernteerträge pro Hektar oft zurück gehen, da Kosten für Dünge- und Pflanzenschutzmittel wegfallen; aber vor allem stellt es eine ökologisch verträglichere Alternative dar, von der, aus gesellschaftlicher Sicht, die Allgemeinheit profitiert.

Gesellschaftlicher Beitrag & persönlicher Mehrwert

Der Konsument hat die Möglichkeit beim Kauf von Produkten dieser Kultivierungsmethodiken Produzenten, die ökologisch arbeiten, zu fördern und gleichzeitig bekommt er Produkte, die deutlich weniger chemikalienbelastet sind. Aufklärung seitens der nachhaltig Produzierenden ist hier sehr wichtig, da der Konsument dem Produkt den Mehrwert diesbezüglich auf den ersten Blick nicht ansehen kann.

In Abb.2 sind vier Lebensmittel, bei denen Proben von biologisch und konventionell hergestellten Produkten auf ihren Pestizidanteil $> 0,01 \text{ mg/kg}$ untersucht worden sind, vergleichend dargestellt.

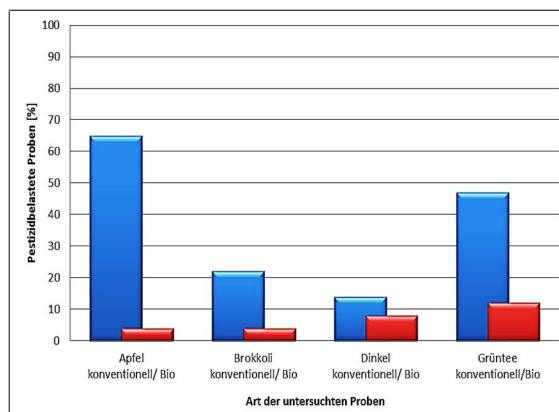


Abbildung 2: Anteil pestizidbelasteter Proben
(In Anlehnung an Neumeister, 2015, S.11 Abb.6)

Es ist zu erkennen, dass konventionell erzeugte Produkte weit mehr belastet sind als die aus ökologischer Landwirtschaft. Neumeister (2015) stellt eine Vielzahl von unterschiedlichen Daten hierzu vor. Daraus wurden beispielhaft Werte pflanzlicher Lebensmittelgruppen ausgewählt, die im jeweiligen mittleren Belastungsbereich lagen. Den Maximalwert erreichte bei den von ihm untersuchten Proben bis zu 29 unterschiedliche Pestizidarten bei Petersilienblättern aus konventionellem Anbau.

Langfristig nachhaltige Landwirtschaft, um die Ressource Boden zu schonen, die momentan, wie andere Ressourcen, stark ausgebeutet wird, schützt landwirtschaftliche Böden vor Auslaugung und Erosion und fördert die Biodiversität und Struktur im Boden. Auch die mikrobielle Vielfalt und die Anzahl der Regenwürmer, die für die Güte eines Bodens ein maßgeblicher Indikator ist, nehmen beim Umstieg auf ökologische Landwirtschaft signifikant zu (Mäder u.a. 2002).

Ein weiterer Vorteil der damit in direktem Zusammenhang steht ist die erhöhte Wasseraufnahmekapazität biologisch bewirtschafteter Ackerböden. Alle Böden können Wasser aufnehmen, speichern und gegebenenfalls an Pflanzen oder als Sickerwasser ins Grundwasser abgeben. So kann ein großer Beitrag zum Hochwasserschutz geleistet werden, denn Böden sind die größten Puffersysteme bei Starkregenereignissen. Eine Studie des Umweltamtes (KBU, 2016, S.4) konnte darlegen, dass Probleme der konventionellen Agrarwirtschaft wie z.B. Bodenverdichtung, Verschlämmung und Gefügeschäden, die dieses natürliche Potential hemmen, bei biologischen Anbauweisen wesentlich seltener und in abgeschwächter Form auftreten.

In einem Bericht des Bundesamtes für Naturschutz heisst es dazu: „zur Milderung der Folgen von Hochwasserereignissen schlagen die WissenschaftlerInnen des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL bereits seit 5 Jahren die Förderung ökologisch bewirtschafteter Flächen als wirksame Ausgleichsmaßnahme für anthropogene Versiegelung vor. (...) In ökologisch wirtschaftenden Betrieben wirken sich eine Vielzahl von Faktoren positiv auf die Infiltration aus“ (Schnug, 2007, S.3). Auf Grund von nachgewiesener Verbesserung der Wasseraufnahmekapazität nachhaltig genutzter Flächen, wird von Experten sogar eine Unterstützung für diese Produzenten gefordert, um ihrem Beitrag für die Allgemeinheit Rechnung zu tragen.

Fazit

Chemikalien wie Pflanzenschutz- und viele chemische Düngemittel belasten die Umwelt und uns Menschen stark. Es gibt momentan schon sehr gute alternative Anbaumethoden, die größtenteils auf Wissen und Praktiken vergangener Zeiten zurückgreifen, aber an denen auch nach heutigem Stand der Wissenschaft geforscht wird. Doch dieses „back-to-the-roots“-Prinzip, wie es momentan in ähnlicher Weise in der Energiewende mit Wasser- und Windkraft geschieht, wird uns auch in der Agrarwirtschaft zukünftig vor Umsetzungsschwierigkeiten stellen, wenn wir unseren Lebensstandard beibehalten wollen.

Es ist deutlich geworden, dass die konventionelle Landwirtschaft in ihrer in Deutschland derzeit überwiegend verbreiteten Form viele ökologische Probleme mit sich bringt, die Mensch und Umwelt großen Schaden zufügen können. Sie entspricht auch gesellschaftlich in vielen Aspekten nicht dem Leitbild der Politik und einige Folgen sind in der Gänze ihres Ausmaßes heute noch gar nicht komplett abschätzbar. Hier werden, unter anderem aus der Wissenschaft, schon länger Handlungsmaßnahmen und mehr Anreize für nachhaltige Anbaumethoden gefordert, welche das Potential haben großen Mehrwert für unsere Gesellschaft zu generieren.

Literaturverzeichnis

- Bundesinstitut für Risikobewertung 2016. WHO/FAO-Gremium (JMPR) bewertet Glyphosat neu und bestätigt das Ergebnis des BfR und der EFSA, dass kein krebserzeugendes Risiko zu erwarten ist - Hintergrundinformation Nr. 012/2016 des BfR vom 16. Mai 2016. Berlin.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015. Agrarpolitische Bericht 2015. Berlin.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2016. Rückstände von Pflanzenschutzmitteln: Gesundheit geht vor. Bonn.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 2015a. Nationale Berichterstattung „Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln“. Braunschweig.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 2015b. Jahres Bericht 2014: Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Braunschweig.
- Haalck, Klaus F. 2013. Pestizide nein Danke. 1. Aufl. Berlin: Pro Business.
- Hampicke, Ulrich (Hg.) 2005. Ackerlandschaften: Nachhaltigkeit und Naturschutz auf ertragsschwachen Standorten. Berlin.
- Heitefuss, Rudolf 2000. Pflanzenschutz: Grundlagen der praktischen Phytomedizin ; 22 Tabellen. 3., neubearb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme.
- Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes 2016. Böden als Wasserspeicher: Erhöhung und Sicherung der Infiltrationsleistung von Böden als ein Beitrag des Bodenschutzes zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Dessau.
- Klatt, Simone 2008. Der Beitrag heimischer Leguminosen zur Stickstoffversorgung artenreicher Wiesen im westlichen Hunsrück (Rheinland-Pfalz). Zugl.: Trier, Univ., Diss., 2007. 1. Aufl. Göttingen: Cuvillier.
- Lepper, Hans & Lessig, Uwe 2012. Nitrat im Trinkwasser. Erlangen. URL: https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/warengruppen/wc_59_trinkwasser/et_trinkwasser_nitrat.htm 16.11.2016.

- Mäder, Paul, u.a. 2002. Bodenfruchtbarkeit und biologische Vielfalt im ökologischen Landbau. *Ökologie & Landbau*(124), 12–16. Online im Internet: URL: <http://orgprints.org/302/1/maeder-et-al-2002-oel-dok-science.pdf> 23.11.2016.
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie & Klimaschutz 2016. Nitrat im Grundwasser. Hannover. URL: <http://www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht/wasser/nitrat/nitrat-88735.html> 23.11.2016.
- Renius, Wilhelm, Lütke-Entrup, Ernst & Lütke Entrup, Norbert 1992. Zwischenfruchtbau zur Futtergewinnung und Gründüngung: Ein Baustein zur Bodenfruchtbarkeit und zum Umweltschutz. 3., überarb. und erw. Aufl. Frankfurt (Main): DLG-Verl.
- Schnug, Ewald 2007. Ökolandbau schützt bei Hochwasser. Braunschweig.
- Schöler, H. F. & Schulze-Röbbcke, R. 1987. Nitrat in Wasser und Boden. *Öffentliches Gesundheitswesen*(49).
- Steinmann, Horst H., Theuvsen, Ludwig & Gerowitt, Bärbel 2016. Rahmenbedingungen für eine künftige Anwendung von Glyphosat im Ackerbau. *Agra Europe*(23), 11–14.
- Trinkwasserverordnung 2016. Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch: TrinkwV 2001.
- UBA 2015. Ökologischer Landbau. Dessau. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/landforstwirtschaft/landwirtschaft/oekologischer-landbau> 25.11.2016.
- Umweltbundesamt 2015. Belastungen des Grundwassers. Dessau. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/naehr-schadstoffe> 16.11.2016.

Curriculum Vitae

Julian Indlekofer

Ausbildung:

- | | |
|-----------|--|
| 2012 | Allgemeine Hochschulreife Klettgau-Gymnasium Tiengen |
| 2012-2016 | Bachelorstudium der Verfahrens- und Umwelttechnik an der Hochschule Konstanz |
| Seit 2016 | Masterstudium der Verfahrens- und Umwelttechnik an der Hochschule Konstanz |

Beruflicher Werdegang:

- | | |
|---------|---|
| 2014/15 | Praktisches Studiensemester beim Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg i. Br. |
| 2015/16 | Bachelorarbeit und Tätigkeit als Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Thermo- und Fluidodynamik der HTWG Konstanz |
| 2016 | Anstellung bei Dunkermotoren GmbH in Bonndorf im Schwarzwald. |

Nachhaltigkeit in der Lederindustrie: Tierleder im Vergleich zur pflanzlichen Alternative aus Ananasfasern

Yvonne Brunner¹

¹ Hochschule Ravensburg-Weingarten, 88250 Weingarten, E-Mail: yb-161958@hs-weingarten.de

Abstract

The manufacturing process of animal leather, especially the tanning step, has a heavy impact on the environment. During the process a great amount of water is used as well as chemicals, which are toxic both to humans and the environment. Nevertheless, there is a great demand for leather products. Therefore, sustainable alternatives for imitation leather, which are not oil-based, were developed. One example is Piñatex, an imitation leather made of pineapple fibres, which is hereinafter described more detailed. Primarily, the fibres are waste materials of pineapple farming and the finished product is almost completely biodegradable. Because the material was only developed in 2003 by Dr. Carmen Hijosa (Ananas Anam, 2016), not much information in view of life cycle assessment is known. Nevertheless, the comparison of classical animal leather with pineapple farming (as starting material of Piñatex) provides a very significant result. The pineapple leather does better in almost every considered sector, with the life cycle assessment and the water footprint as comparators. So far, it is not possible to decide, if the product will have success on the market and will have the potential to substitute leather made of hides. But it seems to be a sustainable and renewable artificial leather product.

Einleitung

Um dem wachsenden Interesse an Lederprodukten gerecht zu werden, werden, laut einer Statistik aus dem Jahr 2009, jährlich ca. 1,8 Milliarden Quadratmeter Leder aus Tierhäuten (Rausch, 2016) produziert. Das Leder dient als Ausgangsmaterial vieler Produkte und wird unter anderem für Kleidung, Schuhe, Möbel- und Autositzbezüge genutzt. Der Weg von der Tierhaut zum fertigen Lederprodukt ist aufgrund seiner Produktionsschritte jedoch sehr umstritten, gerade im Hinblick auf Umweltbelastung und Nachhaltigkeit. Aufgrund dessen erscheinen immer häufiger künstliche, oft auch pflanzliche Alternativen zum klassischen Tierlederprodukt. Eines dieser Kunstlederprodukte ist das Produkt der Marke Ananas Anam. Es handelt sich hierbei um eine pflanzliche Alternative zum traditionellen Leder aus Tierhäuten, das aus den Blättern der Ananaspflanze hergestellt wird. Eine genaue Beschreibung beider Lederprodukte, anhand deren Herstellungsprozess, sowie eine Nachhaltigkeitsbetrachtung, werden im Folgenden ausführlich untersucht.

Hintergrundproblematik

Notwendigkeit nachhaltiger Lederprodukte

In Abbildung 1 ist die Umsatzsteuerstatistik für den Lederwareneinzelhandel in Deutschland bis zum Jahr 2014 dargestellt (BLE Handelsverband Lederwaren, 2016). Trotz Schwankungen in den Jahren 2012 und 2013 ist ein

steigender Umsatz als Tendenz zu erkennen. Der Handelsverband für Lederwaren geht davon aus, dass der Lederwarenmarkt auch in den Jahren 2015 und 2016 weitergewachsen ist (BLE Handelsverband Lederwaren, 2016). Obwohl die Statistik nicht die Anzahl verkaufter Artikel liefert und der gestiegene Umsatz auch eine Folge von Preiserhöhungen sein kann, wird deutlich, dass ein großes Interesse Lederwaren besteht. Wie in den folgenden Kapiteln erläutert wird, ist die Herstellung des traditionellen Tierleders ein umstrittener Prozess im Hinblick auf die Nachhaltigkeit. Diese Problematik und die dennoch steigende Nachfrage an Lederprodukten ermöglicht den Markt für Kunstleder.

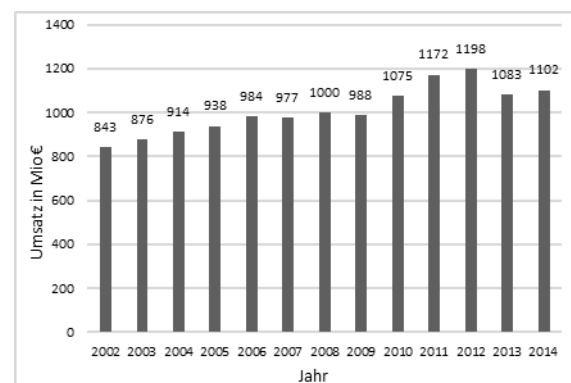


Abbildung 1: Umsatzsteuerstatistik im Lederwareneinzelhandel
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (BLE Handelsverband Lederwaren, 2016)

Die derzeit gängigsten Alternativen zu echtem Leder bestehen überwiegend aus erdölbasierten Materialien, wobei es sich um keinen nachhaltigen, bzw. nachwachsenden, Rohstoff handelt. Zwar existieren bereits einige weitere, künstliche Lederalternativen, jedoch handelt es sich hierbei bisher um Nischenprodukte, die überwiegend unbekannt sind und das Leder nur in sehr geringen Mengen ersetzen. Beispiele hierfür sind Produkte aus Hanf, Kork oder Baumwolle (Avesu, o.J.). Auch das in den weiteren Kapiteln beschriebene Leder aus Ananasfasern ist eine auf Pflanzen basierte Alternative.

Das klassische Tierleder

Der Herstellungsprozess

Der Herstellungsprozess von Tierlederprodukten lässt sich in vier Hauptschritte, siehe Tabelle 1. Zunächst finden die Prozesse der Wasserwerkstatt statt, anschließend die Gerbung, auf welche in den nächsten Kapiteln genauer eingegangen wird. Daraufhin folgen Nasszurichtung, Trocknung und Endzurichtung des Leders (Reich, 2009, S.28) Das Endprodukt dient als Ausgangsstoff in der Textilindustrie sowie für Möbel und Autositzbezüge.

Tabelle 1: Verfahren der Tierlederherstellung

Hauptschritte	Einzelschritte
1. Wasserwerkstatt	Weichen und Äschern Entfernen von Oberhaut (Enthaarung) und Unterhautbindegewebe (Entfleischen) Evtl. Spalten, Beizen Auflockerung durch Entkalken → Zwischenprodukt: Blöße
2. Chromgerbung	Gerben, Abwelken, Spalten, Falzen → Zwischenprodukt „wet blue, wet white“
3. Nachzurichtung	Nachgerbung, Färben, Fetten, Ausrecken
4. Trocknung	→ Rohleder („crust“)
5. Zurichtung (Finishing)	→ Fertigleder (Narbenleder, Nubuk, Velour)

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Reich, 2009, S.29)

Damit aus den organischen und somit nicht dauerhaft lagerbaren Tierhäuten ein zähes, widerstandsfähiges und haltbares Material entsteht, durchwandern sie verschiedene Verfahrensschritte. In der Wasserwerkstatt werden die beiden Hautschichten, die Oberhaut samt Haare und die Unterhaut mit Fleischresten von der gewünschten Lederhaut entfernt. Zur Vorbereitung auf die chemische Behandlung im Gerbungsschritt wird das Leder gekalkt. Das entstandene Zwischenprodukt wird als „Blöße“ bezeichnet. Durch die Gerbung wird die Blöße widerstandsfähig gegenüber mikrobiellem Angriff und ist thermisch stabiler sowie länger haltbar. Die Nachgerbung sorgt anschließend für ein lederartiges Zwischenprodukt, welches durch Trocknung nochmals weicher gemacht wird. Es handelt sich nach diesem Schritt um das Rohleder, dem sogenannten „crust“. Der letzte Schritt ist die Zurichtung, bei welchem durch eventuelles Färben oder Schleifen das Endprodukt entsteht (Reich, 2009, S.28).

Die Chromgerbung

Beim Gerbungsschritt handelt es sich um einen essentiellen Prozess im Verfahren der Lederherstellung. Der Einsatz der chemischen Gerbmittel sorgt für die typischen Eigenschaften der Lederprodukte, die Festigkeit- und Zähigkeit mit gleichzeitiger Geschmeidigkeit, sowie eine lange Widerstands- und Haltbarkeit (Schmidt, 2015). Ab dem 19. Jahrhundert wurde die traditionelle Methode der Gerbung, durch organische oder mineralische Substanzen, in den meisten Fällen durch die chemische Chromgerbung ersetzt (Weiß, 1986, S. 299). Während des Gerbungsprozesses wird das Chrom als Chrom(III)-Salz eingesetzt und gelangt mittels wässriger Lösung in die Zellstruktur der Tierhaut (Schmidt, 2015).

Dabei entsteht eine Vernetzung der Kollagenstruktur, wodurch das Leder nach dem Austrocknen trotzdem seine weiche Struktur beibehält (Reich, 2009, S.30).

Die Alternative aus Ananasfasern

Neben den erdölbasierten Kunstlederalternativen werden immer häufiger neue Produkte, bei deren Rohstoffe es sich um Naturprodukte handelt, entwickelt. Eines dieser Produkte ist das Kunstleder aus Ananasfasern, welches im Folgenden ausführlicher beschrieben wird.

Ananas Anam Ltd. und das Produkt Piñatex

Ein natürliches Ersatzprodukt für Tierleder, das die gleichen bzw. sehr ähnliche Eigenschaften besitzt, ist die Marke Piñatex der Firma Ananas Anam Ltd. Das Unternehmen wurde im Jahr 2013 von der Spanierin Dr. Carmen Hijosa entwickelt, die derzeit das Patent als einzige Anbieterin dieses Produktes besitzt. Als Rohstoff zur Herstellung von Piñatex dienen die Blätter der Ananaspflanze, die beim Ananasanbau als Nebenprodukte anfallen. Es handelt sich bei diesem Rohstoff also um ein Abfallprodukt, das für die Ananasbauern bisher keinen Verwendungszweck aufwies.

Während des Produktionsprozess des Ananasleders entsteht ein natürliches und nachhaltiges Material. Es besitzt lederartige Eigenschaften und kann, analog zur klassischen Variante aus Tierhäuten, in der Modebranche für Schuhe und Accessoires, als Möbel und sogar in der Auto- und Luftfahrtindustrie eingesetzt werden. Bislang arbeitet Ananas Anam mit philippinischen Ananasbauern zusammen. Die Zusammenarbeit mit weiteren Anbauländern ist in Zukunft ebenfalls geplant (Ananas Anam, 2016).

Der Herstellungsprozess von Piñatex

Die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung des Naturprodukts sind in Abbildung 2 als Stoffkreislauf dargestellt. Dieser beginnt mit dem Anbau der Ananaspflanzen durch die Ananasbauern auf den Philippinen (Ananas Anam, 2016). Die Blätter der Pflanze fallen bei der Ernte als Abfallprodukte an und dienen als Ausgangsstoff für den eigentlichen Herstellungsprozess des Kunstleders. Dieser startet mit der Extraktion der Fasern aus den Blättern der Ananaspflanze, dem sogenannten Abschäl- bzw. Entrindungsprozess. Die Fasern werden daraufhin entleimt und zu ungewebten Textilien verarbeitet (der detaillierte Ablauf dieses Prozessschrittes ist ein Firmengeheimnis). Durch anschließendes Färben und Lackieren können die entstandenen Textilien weiterverarbeitet werden, bevor sie schließlich als fertiges Produkt an den Konsumenten gelangen. Sowohl das verbrauchte Endprodukt wie auch die bei der Entrindung anfallende Restbiomasse können bei einer biologischen Verwertung weiter genutzt werden (Ananas Anam, 2016).

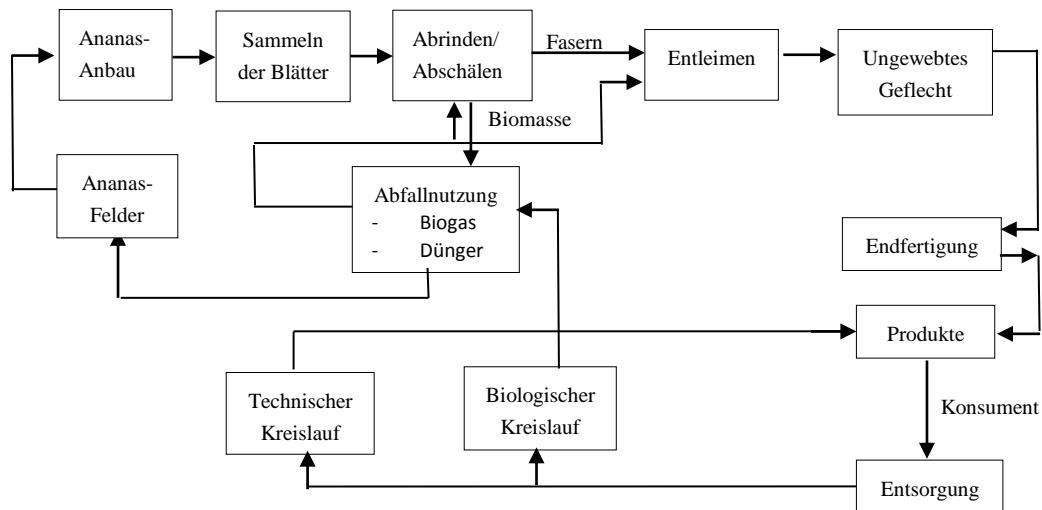


Abbildung 2: Lebenszyklus der Piñatex -Produkte

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Hijosa, 2013)

Nachhaltigkeit der Lederprodukte

Vergleich der Ökobilanzen

Sowohl beim Tierleder als auch beim Produkt aus Ananasfasern handelt es sich bei den Ausgangsstoffen um ein Abfallprodukt der Lebensmittelindustrie. Die Rohstoffe für das tierische Leder sind Tierhäute aus der Fleischindustrie, die an die Lederindustrie verkauft werden. Auch das Ananasleder wird aus Reststoffen hergestellt, die nach der Ernte der Ananasfrüchte als Abfall entstehen. Aufgrund dessen scheint die Weiterverwendung dieser Nebenprodukte ein umweltschonender und somit nachhaltiger Aspekt bei der Produktion zu sein. Werden jedoch die Ökobilanzen der Ausgangsstoffe beider Lederprodukte betrachtet, zeigt sich ein deutlicher Unterschied. Da keine direkten Werte für die Ausgangsprodukte verfügbar sind (Tierhäute und Ananasblätter), sind in Tabelle 2 die allgemeinen Ökobilanzen von Fleischprodukten und Obst aufgelistet. Dies bietet einen interessanten Vergleich, in wie weit bereits die Produkte des eigentlichen Industriezweiges, aus dem die Abfallprodukte für die Lederindustrie entstehen, eine Auswirkung auf die Umwelt haben. Des Weiteren ist unklar, welche Mengen an Fleisch und Ananasfrüchten der gleichen Menge an erhaltenem Leder entsprechen. Als Vergleichsgröße der Ökobilanzen werden mit steigender Umweltbelastung Punkte vergeben (SGE, 2010). Da die Ananasfrüchte sowohl per Flugzeug als auch per Schiff transportiert werden können, sind hier beide Möglichkeiten für die Ökobilanz aufgezeigt. Außer beim Energieverbrauch des durch Flug transportierten Obstes, zeigt sich bei allen betrachteten Aspekten, dass das Fleischprodukt als Lederausgangssprodukt für eine deutlich stärkere Umweltbelastung sorgt. Findet der Obsttransport per Schiff statt, ist die Ökobilanz von Fleisch in allen Aspekten um ein Vielfaches größer. Die meisten, der in die Ökobilanz einfließenden Faktoren, werden in den nächsten Unterkapiteln genauer betrachtet und für die beiden Lederprodukte miteinander verglichen.

Tabelle 2: Ökobilanzen von Fleisch und Obst

Produkt	Obst Transport:		Fleisch- produkte (im Durchschnitt)
	Schiff	Flugzeug	
Portionsgröße	140 g	140 g	100 g
Gesamtpunktzahl Umweltbelastung	49	1245	2757
Emissionen	44	1143	2560
Energieverbrauch	2	85	43
Verbrauch natürlicher Ressourcen	1	2	90
Abfall	2	14	63

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (SGE, 2010)

Wasserverbrauch

Ein Unterpunkt der Ökobilanz ist der Verbrauch natürlicher Ressourcen, speziell der Wasserverbrauch. Als Vergleichsmittel dient das virtuelle Wasser bzw. der Wasserfußabdruck, durch den der Wasserverbrauch von Produkten charakterisiert werden kann. Da es sich bei beiden Lederprodukten zunächst um Abfallprodukte aus der Lebensmittelherstellung handelt, wird die benötigte Wassermenge der Primärprodukte miteinberechnet.

Als Beispiel für Tierleder wurde hier der virtuelle Wasserverbrauch von Rindsleder betrachtet. Da der Wasserfußabdruck für das neuartige Ananasleder nicht bekannt ist, kann an dieser Stelle nur der Wert für die Ananaspflanze herangezogen werden. Aufgrund dessen wird in Tabelle 3 zusätzlich das virtuelle Wasser bei der Rindfleischproduktion betrachtet.

Tabelle 3: Globale Wasserfußabdrücke

Produkt	Globaler Wasserfußabdruck [m³/ t] (im Durchschnitt)
Ananas	255
Rindfleisch	15415
Leder aus Rinderhaut	17093

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Mekonnen, 2011, S. 1582) und (Mekonnen, 2012, S.407)

Obwohl kein direkter Vergleich zwischen den Lederprodukten möglich ist, wird deutlich, dass das klassische Tierleder einen sehr hohen Wasserverbrauch hat. Allein die Heranzucht der Rinder, welche die Tierhaut als Ausgangsstoff liefern, benötigt 15415 Kubikmeter Wasser pro Tonne. Die Verarbeitung zum fertigen Lederprodukt benötigt im Durchschnitt noch weitere 2000 Kubikmeter. Im Vergleich dazu benötigt die Produktion der gleichen Menge an Ananasfrüchten nur eine Wassermenge von 255 Kubikmeter. Es kann daher angenommen werden, dass die Menge an Wasser, welche für die Produktion des Leders aus Ananasblättern gebraucht wird, deutlich unter dem von Tierleder liegt (Mekonnen, 2011, S. 1582), (Mekonnen, 2012, S.407).

Transport

Ein negativer Aspekt der Lederherstellung beider Varianten ist der Transport. Da bereits die Herstellung der Ausgangsstoffe einen negativen Einfluss auf die Ökobilanz des Transportsektors haben, wird dies zusätzlich mit einberechnet. Sowohl beim Leder aus Tierhäuten, als auch beim Ananasleder entstehen weite Transportwege, per Luft- oder Schiffftransport. Grund sind hier die Anbauländer der exotischen Ananasfrucht auf den Philippinen (Ananas Anam, 2016) und die Gerbereiestandorte in Ländern wie Vietnam oder Bangladesch (UNIDO, 2010, S. 52). Dennoch ist aus der Ökobilanz ersichtlich, dass bei der Wahl des Schiffftransportes für die Ananasfrucht deutlich weniger Energie verbraucht wird und Emissionen eingespart werden können. Dies lässt sich vermutlich auch auf das Ananasleder übertragen.

Anfallende Abfallstoffe

Ein weiterer Vergleich liefert die Betrachtung der Abfälle, die bei der Herstellung der Lederprodukte entstehen. Bei der Alternative aus Ananasfasern wird die beim Entrindungs- und Abschälprozess der Ananasblätter entstehenden Biomasse biologisch weiterverwertet. Zum einen dienen sie als natürlicher Dünger beim Ananasanbau, zum anderen können sie energetisch (als Biogas) verwendet werden. Diese Energie kann wiederum im Prozess der Entrindung genutzt werden oder dient als zusätzliche Einkommensquelle der Ananasbauern. Das fertige Produkt ist nahezu biologisch abbaubar, einzig die verwendeten Farben und Lacke basieren bislang auf

Erdöl. Laut Ananas Anam soll jedoch bis 2017 eine natürliche Alternative gefunden werden (Ananas Anam, 2016).

Obwohl es sich bei Tierhäuten um Reststoffe der Fleischindustrie handelt, werden bei der Umwandlung in fertiges Leder erneut Abfallstoffe produziert. Bei der Verarbeitung von einer Tonne roher Tierhäute entstehen 200 kg fertiges Leder, allerdings auch mehr als 600 kg Abfallstoffe (Ozgunay, 2007, S.867). Bei Letzteren handelt es sich bei den festen Abfällen hauptsächlich um Salze, Knochen und Lederspäne. Des Weiteren entsteht eine große Menge an Abwasser, welches giftige Chemikalien wie Chrom, Schwefel und Ammonium beinhaltet (Human Rights Watch, 2012).

Umweltbelastung

Der für die Umwelt am stärksten belastende Prozessschritt in der Tierlederherstellung ist die Gerbung mit Chromsalzen. Dieses gelangt mit weiteren, ebenfalls für die Umwelt toxischen Chemikalien und Abfällen wie Proteine, Haare und Säuren in die Gerbereiabwässer und verunreinigen dieses stark (Newkirk, o. J.) Da sich die Standorte der Lederproduktion in den meisten Fällen in Ländern wie Bangladesch und Vietnam befinden, gelangt das anfallende Abwasser, sowie der giftige Gerbschlamm samt Schwermetallen und Chromsalzen, ungeklärt in die fließenden Gewässer. Von dort erreicht es letztendlich auch das Grundwasser (Newkirk, 2013) Grund hierfür sind die niedrigen Umweltstandards der Produktionsländer, welche die billige und umstrittene Art der Herstellung und Entsorgung erlauben.

Neben den Gewässern sind auch die Böden rund um die Gerbereiefabriken von der Verschmutzung durch organische und chemische Stoffe betroffen und teilweise sehr stark mit Schwermetallen belastet. Des Weiteren ist die Luft durch schädliche und übelriechende Gase verschmutzt. Bei Analysen in Hazaribagh, einem Gerbereiestandort in Bangladesch, wurden im Jahr 2007 unter anderem hohe Werte an Stickstoffmonooxid, Benzolgas und Hydrogensulfide in der Luft gemessen (Human Rights Watch, 2012). Bei allen dreien handelt es sich um giftige Gase für Mensch und Umwelt.

Auswirkung der Chromgerbung auf den Menschen

Der Einsatz von Chrom(III)-Salzen kann bei falscher Betriebsführung zur Entstehung der giftigen Variante, dem Chrom(VI) führen. Werden beim Gerbprozess zu hohe Temperaturen gefahren oder zu viel Chrom eingesetzt, entsteht das gesundheitsgefährdende Chrom(VI) und gelangt nach der Fertigung in das Lederprodukt. Von dort wird es über die Haut in den Körper des Konsumenten aufgenommen und kann schwere Allergien auslösen (Schmidt, 2015). Noch gravierender sind die Folgen für die Arbeiter in den Gerbereien. Diese stehen meist durch unzureichende Sicherheitsbekleidung unmittelbar in Kontakt mit den Säuren und Laugen (ZDF, 2013).

Fazit und Ausblick

In Anbetracht der besonders im letzten Kapitel erwähnten Argumente wird deutlich, dass es sich bei Tierleder kein nachhaltiges Produkt handelt. Auch wenn es sich bei den Tierhäuten als Ausgangsprodukt um Abfälle aus der Fleischindustrie handelt, sind die notwendigen Schritte zur Herstellung des fertigen Endproduktes eine Belastung für die Umwelt.

Anders verhält es sich bei der neuen Alternative aus Ananasblättern. Auch hier wird ein Stoff, der sonst keine Verwendung findet, weiter genutzt. Allerdings ist die Produktion wesentlich umweltfreundlicher und ressourcenschonender, da es sich um einen pflanzlichen und somit nachwachsenden Rohstoff handelt. Bisher unklar ist jedoch, in wie weit eine Produktion im großen Maßstab stattfinden kann. Da nicht bekannt ist, wie viele Ananasblätter für welche Menge an Leder benötigt werden, kann keine Aussage getroffen werden, ob die vorhandenen Anbauflächen ausreichen, die Nachfrage an Lederprodukten zu decken. Zusätzlich fallen durch die Umstellung auf das pflanzliche Leder größere Mengen an Tierhäuten an, die als Abfallstoffe enden und nicht wie bisher weiterverarbeitet werden.

Alles in allem scheint die Lederalternative dennoch ein nachhaltiges Produkt zu sein, das durchaus das Potential besitzt, zumindest die bisherigen Kunstlederprodukte aus Erdöl zu ersetzen. Ein genauer Vergleich zum Tierleder könnte eine Ökobilanz des Produktes liefern, welche mit zunehmender Bekanntheit möglicherweise in der Zukunft aufgestellt wird.

Literaturverzeichnis

Ananas Anam Ltd., 2016, URL: <http://www.ananas-anam.com/> Letzter Zugriff am 24.11.2016

BLE Handelsverband Lederwaren, 2016, URL: <http://www.lederwareneinzelhandel.de/Zahlen-Daten/statistik.php>, Letzter Zugriff am 03.12.2016

Hijosa, Carmen, Piñatex, 2013 Intended Life Cycle, URL: <https://cobaltniche.files.wordpress.com/2016/07/download-the-life-cycle-analysis.jpg?w=604>, Letzter Zugriff am 24.11.2016

Human Rights Watch, 2012, URL: <https://www.hrw.org/report/2012/10/08/toxic-tanneries/health-repercussions-bangladeshs-hazaribagh-leather>, Letzter Zugriff am 24.11.2016

Mekonnen, M., Hoekstra, A. Y., 2011. The green, blue and grey water footprint of crop and derived crop products. In: Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 1577-1600

Mekonnen, M., Hoekstra, A. Y., 2012. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. In: Ecosystems, 15, 401-415

Newkirk (Herausg.), o. J., PETA Deutschland e.V., URL: <http://www.peta.de/leder-fakten>, Letzter Zugriff am 21.11.2016

Newkirk (Herausg.), 2013, PETA Deutschland e.V., URL: <http://www.peta.de/giftimschuh#.WB3olMnHnIU>, Letzter Zugriff am 24.11.2016

Ozgunay, H. et al., 2007. Characterization of Leather Industry Wastes. In: Polish J. of Environ. Stud. Vol. 16, 6, 867-873

Rausch, Jörg et al., 2016, Leder-Info, URL: <http://www.leder-info.de/index.php/Lederindustrie>, Letzter Zugriff am 24.11.2016

Reich, Günter, Taeger, Tilman, 2009. Chemikalien für die Lederherstellung: Vom Kollagen tierischer Häute zum Werkstoff Leder. In: Chem. unserer Zeit 43, 28-36

Avesu GmbH, o. J., URL: <http://www.avesu.de/infocenter/vegane-alternativen.html>, Letzter Zugriff am 03.12.2016

Schmidt, Nina., Giftiges Leder, 2015, URL: <http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/leder-108.html>, Letzter Zugriff am 24.11.2016

Schweizer Gesellschaft für Ernährung, 2010, Ökobilanz von Lebensmitteln, URL: http://www.sge-ssn.ch/media/%C3%96kobilanz_von_Lebensmitteln_light.pdf, Letzter Zugriff am 24.11.2016

UNIDO - United nations industrial development organization, 2010. Future Trends in the World Leather and Leather Products Industry and Trade, Wien, S. 52

Weiß, Gustav, 1986. Glas, Keramik und Porzellan, Möbel, Intarsie und Rahmen, Lackkunst, Leder. Reclam, Stuttgart, 3, S.299

ZDF, 2013, Sendung „37° - Gift auf unserer Haut“, URL zum Video: <https://www.youtube.com/watch?v=IxNJrMxV2oo>, Letzter Zugriff am 24.11.2016

Curriculum Vitae

Yvonne Brunner

Ausbildung:

2012	Abitur am Gymnasium Achern
2012-2016	Bachelor-Studium der Verfahrenstechnik an der Hochschule Offenburg
Seit 2016	Master-Studium Umwelt- und Verfahrenstechnik Hochschule Konstanz